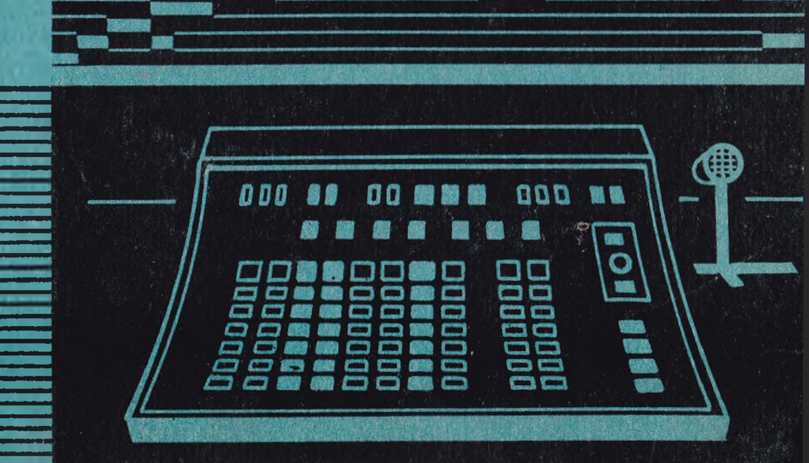
И. Н. ЛОЩИЛОВ

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В ВОЕННОМ ДЕЛЕ



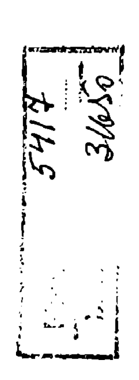
И. Н. ЛОЩИЛОВ

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В ВОЕННОМ ДЕЛЕ

(По материалам зарубежной печати)

Ордена Трудового Красного Знамени
ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СССР
МОСКВА — 1976

355.8
Л81
УДК 355.623



Лощилов И. Н.

Л81 Перспективы применения вычислительной техники в военном деле. М., Воениздат, 1976.

222 с.

В книге систематизирован материал, опубликованный в открытой печати зарубежных стран, по вопросам развития вычислительной техники в ближайшее десятилетие и ее применения в военном деле.

Книга рассчитана на широкий круг офицеров Советской Армии и Военно-Морского Флота и представляет интерес для лиц, занимающихся проблемами автоматизации управления войсками.

Л $\frac{30502\text{-}065}{068(02)\text{-}76}$ 85-75 355.8

ВВЕДЕНИЕ

Совершенствование руководства и повышение качества управления во всех сферах деятельности является характерной особенностью развития советского общества на современном этапе. В Отчетном докладе XXIV съезду КПСС указывалось, что расширение возможностей улучшения управления «связано с повышением уровня знаний и профессиональной подготовки наших кадров, широких масс трудящихся, с быстрым развитием науки управления и электронно-вычислительной техники» [1].

Совершенствование управления на основе широкого применения автоматизации характерно и для развития военного дела. В настоящее время вычислительная техника используется при управлении войсками, их боевом и тыловом обеспечении, в повседневной деятельности штабов и учреждений. Она стала неотъемлемой частью современных систем оружия и боевой техники. Массовое внедрение средств вычислительной техники в войска расширило масштабы автоматизации и увеличило долю ассигнований, выделяемых на ее развитие. Это поставило перед военными планирующими органами качественно новые задачи, заключающиеся в тщательном изучении потребностей вооруженных сил в средствах вычислительной техники, объективной оценке их возможностей, эффективности применения, учете необходимых финансовых и людских ресурсов. В отличие от прошлого периода, когда основное внимание сосредоточивалось на технических вопросах, современный этап автоматизации характеризуется повышением значимости проблем, связанных с применением вычислительной техники и поиском дальнейших путей повышения эффективности ее использования в военном деле. «Военная наука, — указывает Министр обороны Маршал Советского

[1] Материалы XXIV съезда КПСС. М., Политиздат, 1971, с. 66.

Союза А. А. Гречко, — призвана всемерно способствовать улучшению техники управления, системы связи, содействовать дальнейшему внедрению в штабы вычислительной техники, других средств автоматизации и умелому их использованию»[1].

Развитию и военному применению вычислительной техники посвящено немало публикаций. Однако большинство из них не выходит за рамки описания отдельных автоматизированных систем управления, технических средств и методов обработки информации. Сейчас ощущается необходимость в том, чтобы оценить в общем плане достигнутый уровень и выявить тенденции, характерные для развития вычислительной техники военного назначения. Эту цель и преследует данная книга. В ней сделана попытка обобщить с помощью единой методологии многочисленные данные по прогнозу развития и перспективам применения вычислительной техники до 1985 г., опубликованные в открытой зарубежной печати.

Вопросы военного применения вычислительной техники находятся в тесной зависимости с проблемами совершенствования управления вооруженными силами. Поэтому при прогнозе необходимо учитывать влияние разнообразных факторов: состав и структуру вооруженных сил, методы и способы управления войсками, характер задач, решаемых органами управления, условия ведения операций и т. д. Поскольку строгий учет подобных факторов затруднителен, важно выявить такие закономерности развития автоматизации, в которых находили бы отражение военные и технические стороны управления.

Вопросы военного применения вычислительной техники невозможно отделить от уровня ее развития. Но в отличие от обычных средств вооруженной борьбы вычислительная техника не имеет ярко выраженной военной направленности. Она используется в различных областях человеческой деятельности, и ее развитие определяется всем ходом научно-технического прогресса. Это обстоятельство позволяет распространять общие тенденции в развитии вычислительной техники на военные области и таким образом воссоздавать картину качественного совершенствования техники военного назначения.

Соединение общих закономерностей развития автоматизации в вооруженных силах с потенциальными возможно-

---

[1] Гречко А. А. На страже мира и строительства коммунизма. М., Воениздат, 1971, с. 57.

стями развития вычислительной техники, обусловленными ходом научно-технического прогресса, может служить основой для методологического подхода к прогнозированию.

Количественные оценки, помещенные в книге, основаны на результатах американских прогнозов и используются для характеристики уровня развития вычислительной техники в США. Ограничение прогноза рамками одной страны в данном случае не имеет существенного значения, поскольку США в этой области далеко опережают другие капиталистические страны. США имеют также большой практический опыт в автоматизации управления войсками, который широко используется союзниками США по военному блоку НАТО. Это обстоятельство также позволяет рассмотреть перспективы военного применения вычислительной техники за рубежом, ограничившись анализом проблем автоматизации в вооруженных силах США.

Однако многие излагаемые результаты прогноза имеют достаточно общий характер. Это относится прежде всего к выявлению перспективности тех или иных технических средств, возможного соотношения между ними, направлений развития их технических характеристик, путей совершенствования математического обеспечения, методов повышения эффективности использования вычислительной техники и пр.

В первых трех главах излагаются основные принципы, положенные в основу автоматизации управления вооруженными силами США. Следующие три главы дают представление о перспективах развития вычислительной техники, обусловленных ходом научно-технического прогресса. Заключительная глава посвящена наиболее важным проблемам автоматизации в вооруженных силах США с учетом предполагаемого уровня развития вычислительной техники к 1985 г.

Книга рассчитана на широкий круг читателей, интересующихся вопросами развития и применения вычислительной техники.

Глава 1
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА В ВОЕННОМ ДЕЛЕ

1.1. РОЛЬ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В ВОЕННОМ ДЕЛЕ

Научно-техническая революция охватила все стороны человеческой деятельности, в том числе и военное дело. Появление принципиально новых средств вооруженной борьбы, приведших к изменению способов ведения боевых действий и заставивших коренным образом пересмотреть существовавшие взгляды на вопросы управления вооруженными силами, явилось причиной подлинной военно-технической революции.

Военные теоретики выделяют три этапа в развитии военно-технической революции [1]. Первый этап связывается с возникновением средств массового поражения — атомных, а потом и термоядерных бомб; второй — с развитием средств их доставки — ракетами, а третий, современный,— с развитием средств управления. Причин возникновения третьего, «управленческого», этапа несколько. Прежде всего — это качественный скачок в развитии средств вооруженной борьбы, неизмеримо увеличивший ударные, огневые и маневренные возможности войск и усложнивший управление ими. Большой пространственный размах современных операций потребовал увеличения объемов информации, поступающей в штабы, а скоротечность боевых действий — ускорения ее обработки. Таким образом, с одной стороны, объем работы органов управления возрос, с другой стороны, время на выполнение этой работы сократилось.

В условиях ракетно-ядерной войны возросла ответственность командиров, принимающих решение на применение ядерного оружия. Ошибки, допущенные при подготовке современных операций, трудно исправить в ходе боевых действий, а привести они могут к пагубным последствиям. Отсюда возникла необходимость особенно тщательного планирования операций, всестороннего анализа обстановки и обоснования принимаемых решений.

Наконец, если раньше боевая мощь противодействующих сторон наращивалась за счет увеличения мощности

оружия, то теперь при наличии оружия практически неограниченной поражающей способности боевая мощь государства в значительной степени определяется качеством управления этим оружием и вооруженными силами в целом.

Таким образом, современный этап военно-технической революции не является случайным. Он обусловлен всей логикой развития военного дела, требующей приведения средств и способов управления в соответствие с возросшими возможностями войск и боевой техники. Особенно важная роль в решении этой проблемы отводится автоматизации — использованию технических средств и математических методов для решения задач управления. Резкое возрастание масштабов автоматизации, проникновение ее в сферу управления не только техникой, но и коллективами людей усилило влияние автоматизации на все стороны военной деятельности и в свою очередь повысило внимание к исследованию путей ее развития.

Характерной особенностью автоматизации в вооруженных силах является ее зависимость от общего уровня развития вычислительной техники. Последняя, по современным понятиям, представляет собой совокупность технических и математических средств, методов и приемов, используемых для облегчения и ускорения решения задач, связанных с обработкой информации [10]. Такое представление о вычислительной технике установилось не сразу. Первоначально ее просто отождествляли с техническими средствами, что объяснялось узкой областью применения— производством инженерных и научных расчетов. С расширением областей применения важное значение стало приобретать математическое обеспечение, поскольку новые задачи в отличие от чисто расчетных требовали разработки нового математического аппарата. Вскоре математическое обеспечение стало неотъемлемой частью вычислительной техники.

Расширение круга решаемых задач и увеличение числа людей, в интересах которых обрабатывались данные, требовали искать действенные пути повышения эффективности применения вычислительной техники. Это привело к необходимости разработки новых методов обработки информации и обслуживания пользователей, к созданию более совершенных организационных форм использования технических средств. Отделить подобные проблемы от вычислительной техники уже невозможно.

Таким образом, понятие «вычислительная техника», постоянно расширяясь, охватило различные стороны автома-

тизированной обработки данных. Сейчас для прогнозирования путей ее развития необходимо анализировать не только технические, но и научные, организационные, экономические и социальные проблемы. Чтобы определить место военных вопросов среди указанных проблем, рассмотрим общий ход развития вычислительной техники.

Предпосылкой появления строительного материала, «кирпичиков», из которых строится «здание» вычислительной техники, служат достижения науки и техники. Эти достижения, назовем их научными ресурсами, можно условно расположить на самом нижнем уровне, в фундаменте «здания». Затем создаются сами «кирпичики» — технические средства, программы и методы обработки информации. Для практической реализации методов обработки информации и обслуживания пользователей «кирпичики» соединяются в вычислительные системы. Это более высокий уровень, на котором решающее значение приобретают организационные вопросы, связанные со строительством «здания». Следующий уровень — области применения: военные, коммерческие, научные и т. д., которые предъявляют конкретные требования к архитектуре «здания». Здесь, в частности, вычислительные системы военного назначения превращаются в автоматизированные системы управления войсками, оружием и боевой техникой, в информационно-вычислительные центры и пр., предназначенные для решения конкретных военных задач. Как разнообразие архитектурных форм подчиняется определенному стилю, складывающемуся под влиянием законов градостроительства, экономических и социальных проблем, так и характер задач, решаемых вычислительной техникой, определяется принципами ее использования в различных областях деятельности. Исследование этих принципов — проблемы еще более высокого уровня.

По мере повышения уровней специфические научные и технические проблемы уступают место более широким, комплексным проблемам, воздействующим на нижние уровни и указывающим пути, по которым должны развиваться технические средства, математическое обеспечение и методы обработки информации. Таким образом, существуют как бы два постоянно взаимодействующих пласта: нижний служит базой для верхнего, а верхний — источником требований для нижнего (рис. 1). В этом состоит диалектика развития вычислительной техники.

Важно отметить, что верхний пласт включает различные области применения, воздействующие на нижние уров-

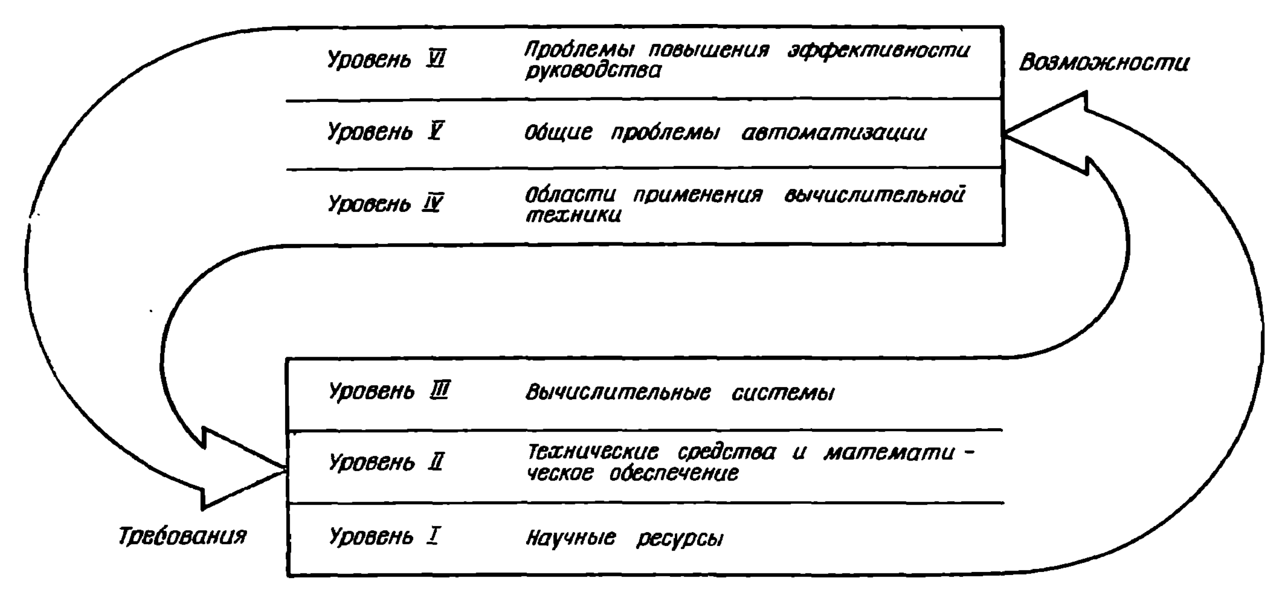


Рис. 1. Уровни проблем, связанных с развитием вычислительной техники, и их взаимосвязь

ни общими усилиями. В настоящее время, например, американские специалисты насчитывают около 2500 областей применения вычислительной техники, среди которых только около ста непосредственно связаны с военным делом [27]. Иными словами, развитие вычислительной техники определяется не столько военными областями применения, сколько общим ходом научно-технического прогресса. В отличие от обычных средств вооруженной борьбы средства вычислительной техники с требующимися характеристиками могут появиться и без непосредственной помощи военных организаций. Это в корне изменяет подход к развитию вычислительной техники военного назначения, заставляя концентрировать внимание военных не на создании самой техники, а на поиске путей эффективного применения уже имеющихся образцов. В то же время большое значение приобретает исследование направлений развития научно-технического прогресса в целях правильного использования их в военном деле.

Что же практически дает применение вычислительной техники в военном деле? В зарубежной печати публикуется немало фактов, свидетельствующих об эффективности ее применения в различных областях военной деятельности. К сожалению, современная наука пока еще не в состоянии противопоставить этим разрозненным фактам, носящим подчас малообъективный и рекламный характер, строгие критерии оценки эффективности применения вычислительной техники. Известно, что конечной целью автоматизации является повышение боевой эффективности войск. Между тем установить соответствие между степенью автоматизации и критериями боевой эффективности не так просто. На практике внедрение автоматизированных методов управления сопровождается рядом организационных перестроек, направленных на усиление централизации управления, сокращение командных инстанций, более четкое разделение функциональных обязанностей между работниками органов управления и другие мероприятия, которые являются непосредственной причиной повышения оперативности, надежности, непрерывности, гибкости и скрытности управления. С этой точки зрения и нужно подходить к оценке имеющихся фактов.

Вот некоторые из сведений, опубликованные в разное время на страницах зарубежной печати.

В памяти вычислительных машин, обеспечивающих работу командного центра вооруженных сил США, хранятся

восемь планов ведения всеобщей войны и 60 планов действий в различных кризисных ситуациях. Чтобы представить высшему руководству информацию по одному из этих планов, требуется несколько минут. Используемые программы обработки информации дают возможность не только собирать и хранить поступающие данные, но и давать на их основе интегральные статистические оценки, например: «Вероятность возникновения войны в течение 30 суток составляет 23 процента».

Время передачи команд на приведение в боевую готовность стратегических наступательных сил занимает менее минуты, а время доведения важнейших распоряжений высшего военно-политического руководства до боевых командований не превышает 5—7 мин.

Вычислительные машины в системе противовоздушной и противокосмической обороны североамериканского континента обеспечивают одновременную обработку информации о 2500 воздушных и космических объектах.

Предварительная оценка эффективности автоматизированной системы управления боевыми действиями сухопутных войск США на поле боя показывает, что время передачи боевых донесений из батальона в бригаду и дивизию сокращается почти вдвое, а общее сокращение цикла управления дивизией (от изменения обстановки до ответных действий) составляет 1—3 ч.

Согласно результатам испытания опытных образцов автоматизированной системы управления огнем полевой артиллерии США время, необходимое для планирования огня по 35 целям для 10 орудий, сократилось с 2 ч до 1,6 мин, а подготовка огневой задачи для одного орудия — с 1 мин до 6 с.

Автоматизация управления действиями американской тактической авиации во Вьетнаме помогла сократить время планирования боевых действий с 10 ч до 15 мин, а цикл планирования полетов транспортной авиации (1200 вылетов в день) уменьшился с 14 до 4 ч.

Применение ЭВМ в службе тыла ВВС США позволило свернуть 43 базовых склада, снизить почти в два раза количество хранящихся на складах предметов снабжения и сократить численность личного состава тыловых органов с 225 тыс. до 140 тыс. человек.

Применение автоматизированной системы управления тыловым обеспечением сухопутных войск на поле боя сократит общие расходы в 1,7 раза, в том числе по содержанию личного состава более чем в два раза.

Унифицированная автоматизированная система управления повседневной деятельностью баз ВВС обеспечивает выдачу в течение 3 с любых данных, связанных с материально-техническим снабжением войск. Эта система позволяет высвободить около 9 тыс. человек и дает экономию предметов снабжения по ВВС в целом на сумму 585 млн. долларов.

Планирующими органами сухопутных войск США используется более 100 типовых задач, моделирующих на ЭВМ различные военные игры и учения. С помощью одной из таких задач можно «проиграть» и проанализировать результаты дивизионного учения в течение нескольких часов. В реальных условиях на подготовку подобного учения затрачивается до 90 дней.

Использование ЭВМ в системах программированного обучения уменьшает время подготовки личного состава примерно на 20%. Если учесть, что ежегодные расходы министерства обороны США на подготовку и обучение военнослужащих составляют 6,5 млрд. долларов, то указанное уменьшение времени подготовки эквивалентно экономии сотен миллионов долларов.

Все планы перемещения личного состава в вооруженных силах США подготавливаются с помощью ЭВМ. Они используются также для хранения и постоянного обновления на основании ежедневных утренних сводок данных по каждому военнослужащему. В любой момент руководству могут быть представлены сведения о наличии вакантных должностей, требующихся военно-учетных специальностях, офицерах, подлежащих увольнению, и т. п.

Любой абонент, включенный в сеть информационно-вычислительных центров «Арпа», может в течение нескольких секунд получить сведения (с допустимой степенью детализации) об исследовательских проектах, ведущихся в интересах министерства обороны США.

Применение вычислительных машин для коммутации сообщений в системе цифровой связи министерства обороны США «Автодин» обеспечивает ежедневную передачу информации объемом в 2 млрд. слов и соединение абонентов, расположенных в различных частях земного шара, за время, не превышающее для высшей категории срочности нескольких минут.

Создаваемый в США автоматизированный военный госпиталь позволит повысить эффективность лечения и обслуживания больных. Все медицинские назначения будут передаваться в ЭВМ, которые проверят правильность на-

значений, установят время выполнения и выдадут заявки на изготовление лекарств. Большая часть информации в пределах госпиталя будет передаваться без помощи бумаги.

Бортовые ЭВМ в системах навигации стратегических бомбардировщиков не позволяют отклоняться им от заданного курса более чем на милю в течение одного часа полета, а миниатюрные бортовые ЭВМ в системах управления тактических ракет способны обеспечить наведение ракеты на точечную цель, удаленную на расстояние в 200—300 км.

В США разрабатывается проект полностью «цифрового» самолета, в котором все функции управления (полетом, двигателями, электропитанием, датчиками, радиостанциями, вооружением, навигационным оборудованием и др.) будут осуществляться через комплекс взаимосвязанных бортовых ЭВМ. Согласно предварительным расчетам переход на цифровые методы повысит надежность управления в пять раз, снизит вес бортовой аппаратуры — на одну треть и снизит стоимость бортового электронного оборудования — в пять — восемь раз.

Приведенный перечень показывает, что применение вычислительной техники в военном деле может дать значительный эффект, а осуществление без ее помощи некоторых функций уже просто немыслимо.

Рассмотрение перспектив развития вычислительной техники военного назначения начнем с анализа общих проблем автоматизации. При этом ограничимся примерами, характерными для вооруженных сил США, где вычислительная техника охватила практически все области военной деятельности (табл. 1).

Таблица 1

Распределение универсальных ЭВМ по областям применения в вооруженных силах США

Область применения	Проценты от общей численности
Повседневная деятельность войск:	25,6
обеспечение работы штабов и учреждений . . .	4,7
обеспечение работы баз, учебных центров и полигонов	20,9
Тыловое обеспечение:	26,7
материально-техническое обеспечение	15,7
учет предметов снабжения	7,6
транспортные перевозки	0,6
ремонтно-техническая служба	2,8

Область применения	Проценты от общей численности
Управление боеготовыми силами и боевое обеспечение войск:	15,7
управление	3,4
разведка	4,1
связь	7,2
метеослужба	1,0
Исследования и разработки	17,9
Денежное содержание и контрольно-финансовая служба	6,8
Управление кадрами	2,5
Прочие	4,8

1.2. ВЗГЛЯДЫ ВОЕННОГО РУКОВОДСТВА США НА ВОПРОСЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ВООРУЖЕННЫМИ СИЛАМИ

С организационной точки зрения функции министерства обороны США подразделяются на функции боевого использования сил и функции повседневного руководства ими. Ответственность за боевое использование сил возложена на объединенные и специальное командования, а функции повседневного руководства переданы министерствам видов вооруженных сил. Такое разделение преследует цель более четко определить инстанции, где принимаются решения по управлению боеготовыми силами, сократить число промежуточных звеньев управления, повысить ответственность лиц, принимающих решения, и обеспечить эффективный контроль за их выполнением.

Американское командование прилагает значительные усилия к тому, чтобы звенья оперативного руководства обеспечивали быстрое, устойчивое, надежное, непрерывное и гибкое управление вооруженными силами как в мирное, так и в военное время. При этом большая роль отводится автоматизации управления боеготовыми силами, в основе которой лежат следующие принципы:

— внедрение средств вычислительной техники во все органы управления стратегических, оперативных и тактических звеньев;

— комплексная автоматизация процессов управления боевой деятельностью войск;

— наличие развитых систем связи, позволяющих оперативно и надежно передавать данные в глобальном масштабе и организовывать связь в новых районах.

Указанные принципы находят практическое воплощение в автоматизированных системах управления войсками (АСУВ) [1], обеспечивающих сбор, передачу, обработку и представление командиру информации, необходимой для управления войсками при подготовке и ведении боевых операций, а также доведение принятых решений до войск. АСУВ как организационная форма использования вычислительной техники применяется для автоматизации работы командных пунктов и органов управления, связанных с боевым обеспечением войск. Объектом управления этих систем служат боеготовые силы.

Системы, объектом управления которых являются комплексы вооружения и боевой техники, получили название автоматизированных систем управления боевыми средствами. Эти системы более простые, чем АСУВ, и их создание зависит в основном от решения тех или иных технических вопросов. Однако в общем плане управления боеготовыми силами между АСУВ и автоматизированными системами управления боевыми средствами имеется неразрывная связь: последние являются как бы логическим продолжением АСУВ и в низовых звеньях смыкаются с ними. Общим требованием для систем управления обоих типов является работа в реальном масштабе времени. Масштаб времени зависит от ранга органа управления и специфики управляемого объекта. Например, для ракетных комплексов или средств ПВО он может измеряться секундами и долями секунд, а для командных пунктов высшего звена управления — минутами и даже часами.

При повседневном руководстве войсками вычислительная техника используется для решения самого разнообразного круга задач, таких, например, как:

— разработка основных концепций строительства вооруженных сил;

— оценка действующих оперативных планов боевого использования войск, моделирование боевых ситуаций;

— обеспечение боевой готовности войск (материально-техническое обеспечение, транспортные перевозки, учет личного состава и т. д.);

— планирование и проведение мобилизационного развертывания;

— оценка боевых возможностей вероятного противника;

---

[1] По американской терминологии — Command and Control Systems (системы командования и управления).

— оценка эффективности существующих и перспективных систем вооружения и разработка требований к ним;
— осуществление контрольно-финансовых операций;
— обеспечение научно-исследовательских работ.

Решение подобных задач предполагает обработку большого количества разнообразных данных, в то же время быстрота решения каждой задачи имеет второстепенное значение, поскольку время представления результатов устанавливается календарными сроками или специальными требованиями заказчика. Это позволяет использовать более простые организационные формы вычислительной техники, в частности информационно-вычислительные центры (ИВЦ). Такие центры обеспечивают работу планирующих органов, научно-исследовательских организаций, учебных центров, полигонов и других учреждений.

В последнее время получают широкое распространение так называемые информационные системы обеспечения руководства [1], создаваемые путем объединения нескольких автономных ИВЦ. Эти системы служат для решения задач, связанных с тыловым обеспечением войск, учетом личного состава, повседневной деятельностью баз и пр. Отличает их от АСУВ отсутствие ярко выраженной «командной» связи от руководящих органов к исполнительным. Например, органы, занимающиеся материально-техническим обеспечением войск, используют информационные системы для получения своевременной информации о потребностях войск, наличии предметов снабжения на складах, для составления планов их распределения и т. д., а передают распоряжения о порядке снабжения частей обычным способом.

На практике функции управляющих и информационных систем нередко переплетаются, но в США их довольно четко разделяют, относя первые к области управления боеготовыми силами, а вторые — к повседневному руководству. Это разделение подчеркивается принятым порядком разработки систем и требованиями, предъявляемыми к техническим средствам.

Автоматизация управления боеготовыми силами США

История свидетельствует, что практическое решение вопросов автоматизации управления боеготовыми силами определялось прежде всего военной политикой США по

[1] По американской терминологии — Management Information Systems.

отношению к странам социалистического содружества. Как известно, до 1961 г. военная доктрина США основывалась на стратегии «массированного возмездия», которая предусматривала неограниченное применение ракетно-ядерного оружия в случае военного конфликта и нанесение по территории Советского Союза «массированного ответного удара». В связи с этим основное внимание уделялось совершенствованию управления наступательными и оборонительными силами стратегического назначения. Именно тогда были развернуты работы по автоматизации управления силами стратегического авиационного командования США, ответственного за ведение наступательных операций с применением ракетно-ядерного оружия стратегического назначения, и командования ПВО североамериканского континента «Норад», обеспечивающего управление силами и средствами ПВО страны.

Рост военной мощи стран социализма, и прежде всего Советского Союза, а также достигнутое превосходство в области создания межконтинентальных ракет заставили правящие круги США пересмотреть прежние концепции. Новая военная доктрина «гибкого реагирования», объявленная президентом Кеннеди, нацеливала вооруженные силы США на постоянную готовность к ведению как всеобщей ядерной войны, так и ограниченных войн с применением и без применения ядерного оружия. Это, в частности, потребовало обеспечить более высокую гибкость, непрерывность и надежность управления вооруженными силами в целом. В послании президента Кеннеди к конгрессу прямо указывалось на необходимость создания «эффективных и защищенных организаций, методов управления, оборудования и средств связи, чтобы обеспечить правительству возможность выбора обоснованных вариантов решений» [35].

Следствием новой доктрины явилась разработка национальной системы оперативного управления вооруженными силами (НСОУ), призванной обеспечить высшее военно-политическое руководство США средствами для эффективного руководства вооруженными силами. Такими средствами должны были стать командный центр вооруженных сил, запасный командный центр вооруженных сил, воздушный и плавучий командные пункты комитета начальников штабов, оснащенные современной техникой связи и автоматизации управления.

Параллельно с созданием НСОУ разрабатывались автоматизированные системы для ряда командных пунктов

стратегического звена, которые должны были сопрягаться с НСОУ. Эти работы проводились видами вооруженных сил в интересах отдельных командований и независимо друг от друга. Необходимость централизованного управления боеготовыми силами потребовала более тесной координации работ между отдельными командными пунктами, обеспечение совместимости автономных систем и их развитие по единому плану, конечной целью которого является создание глобальной системы оперативного управления вооруженными силами США (ГСОУ).

По замыслу американского командования, эта система должна объединить в единый комплекс все оперативные органы высшего военного руководства на базе использования современных средств вычислительной техники и связи. С ее помощью планируется обеспечить сбор, обобщение и представление руководству информации о военно-политической обстановке в мире, производство расчетов, связанных с выполнением стратегических задач, и быстрый обмен данными между командными пунктами стратегического звена управления.

В настоящее время в состав ГСОУ включены около 130 органов управления, в том числе командные центры и пункты НСОУ, наземные и воздушные командные пункты стратегического авиационного командования, командования «Норад», объединенных командований в зонах, командований видов вооруженных сил, центры разведывательной системы и др. [30].

Об уровне автоматизации органов управления, входящих в ГСОУ, можно судить по тому, что около 70% из них оснащены средствами вычислительной техники: вычислительными машинами, устройствами отображения, ввода-вывода и передачи данных. Обмен информацией между командными пунктами осуществляется с помощью объединенной системы связи министерства обороны, охватывающей территорию более 80 стран мира и имеющей общую протяженность около 72 млн. канало-километров. Ее основными компонентами являются автоматизированные системы связи «Автодин» и «Автовон», обеспечивающие передачу информации в дискретной форме и ведение телефонных переговоров.

Несмотря на относительно высокий уровень автоматизации для развития ГСОУ на современном этапе характерен ряд недостатков, на которые обратила внимание специальная правительственная комиссия, изучавшая раз-

личные стороны деятельности министерства обороны США [30].

Проводя автоматизацию управления боеготовыми силами в стратегическом звене, министерство обороны США ориентировалось на применение универсальных ЭВМ, серийно выпускаемых промышленностью США, причем их закупка проводилась автономно видами вооруженных сил. В результате подобной практики командные пункты оказались оснащенными почти сорока моделями ЭВМ производства более десятка различных фирм. Такое же разнообразие характерно и для других средств вычислительной техники, что приводит к задержкам при обмене информацией, большим эксплуатационным расходам, повышает стоимость математического обеспечения и затрудняет подготовку обслуживающего персонала.

Используемые средства вычислительной техники еще не в полной мере удовлетворяют современным требованиям. Производительность вычислительных машин, среди которых более половины машин второго поколения, недостаточна для решения всего объема задач управления, сложность которых все время увеличивается. Наращивание общей производительности вычислительных машин на отдельных командных пунктах происходит большей частью за счет установки малых или средних ЭВМ в дополнение к уже имеющимся, из-за чего на этих командных пунктах оказалось большое количество ЭВМ, каждая из которых решает ограниченный круг задач.

Значительное улучшение ряда характеристик требуется и для других средств вычислительной техники. Существующие устройства отображения пока еще недостаточно надежны и громоздки. Задержка в отображении информации на больших экранах не удовлетворяет современным требованиям к оперативности управления. Средства вычислительной техники, предназначенные для установки на воздушные командные пункты, решают довольно ограниченный круг задач и их создание еще не закончено. Важными проблемами по-прежнему остаются разработка математического обеспечения, подготовка личного состава, совершенствование организационной структуры, улучшение использования оборудования и др.

В целом считается, что ГСОУ пока не удовлетворяет требованиям современной войны и прежде всего по такому важному показателю, как оперативность управления. В подтверждение такого вывода специальная правительственная комиссия приводила следующие данные.

В 1969 г. потребовался целый час, чтобы срочное донесение о внезапном мощном наступлении патриотических сил Южного Вьетнама на американские базы и гарнизоны поступило на запасный командный пункт главкома вооруженных сил США в зоне Тихого океана. Одной из причин такой задержки явилась необходимость перекодировки информации, передаваемой из одного командного пункта в другой, вследствие использования на них разнотипного оборудования. Например, на запасном командном пункте для ввода информации в ЭВМ применялась перфолента, а на других командных пунктах — магнитная лента.

Сообщение о задержании в территориальных водах КНДР американского разведывательного судна «Пуэбло» поступило в командный центр вооруженных сил через 1 ч 39 мин, поскольку задерживалось в промежуточных командных звеньях. На передачу этого же сообщения по каналам разведывательной системы, где срочные данные передаются снизу вверх без задержки, потребовалось всего 10 мин.

Командный пункт ВВС затрачивает целую ночь на составление ежедневной сводки о состоянии своих войск, а затем размножает ее в большом количестве экземпляров. Между тем заинтересованные лица при наличии соответствующего оконечного оборудования могли бы получать необходимые им сведения непосредственно из ЭВМ командного пункта вместо того, чтобы исследовать присылаемый в их адрес объемный том.

В ряде случаев из-за невозможности получить требуемую информацию с помощью средств вычислительной техники военное руководство вынуждено прибегать к традиционным методам. Сообщается, например, что в свое время министру обороны Макнамаре пришлось поручить четырнадцати генералам Пентагона обзвонить все авиационные базы США, чтобы получить сведения о наличии бомб.

В качестве общего вывода можно привести высказывание одного из ответственных руководителей министерства обороны США о том, что хотя ГСОУ существует с начала шестидесятых годов, она до сих пор представляет собой «малосвязанное объединение автономных систем, а не единую систему в обычном смысле этого слова» [33].

В последнее время наблюдается повышение интенсивности работ по развитию ГСОУ, что отражает общую тенденцию усиления внимания военного руководства США к вопросам совершенствования управления вооруженными силами в связи с принятием военной доктрины «реалисти-

ческого устрашения». С принятием новой доктрины военное руководство США было вынуждено уточнить назначение ГСОУ, а также более четко определить первоочередные задачи и перспективные планы ее развития. В специальной директиве министерства обороны США по-новому раскрывается понятие высшего военного руководства, в которое включаются теперь только президент и министр обороны (ранее в это понятие включали также членов комитета начальников штабов), и указывается, что ГСОУ должна стать «целым, единым организмом с главной задачей обеспечения функций командования и управления прежде всего президента и министра обороны, а затем уже комитета начальников штабов, объединенных командований и других органов» [33].

Одним из средств для достижения такой централизации считается проведение в жизнь твердой и согласованной политики в области автоматизации управления, ответственность за которую возложена на специальный орган. В его состав вошли министр обороны, председатель комитета начальников штабов, помощник министра обороны по разведке и начальник Управления дальней связи и АСУВ.

Первоочередной задачей автоматизации работ в рамках развития ГСОУ является унификация оборудования. Работы в этой области начали проводиться министерством обороны США еще в 60-х годах. Первоначально они касались отдельных устройств или блоков: магнитных лент, каналообразующей части аппаратуры передачи данных, клавиатуры для набора сообщений. С 1966 г. министерство обороны США начало разработку программы унификации вычислительных машин, предназначенных для использования в ГСОУ. Сущность этой программы заключается в том, чтобы исходя из характера решаемых задач и областей применения установить стандартные типы вычислительных машин и в дальнейшем закупать их по единому плану у одной фирмы. В качестве унифицированных выбраны вычислительные машины фирмы Ханиуэлл серии 6000, и с 1972 г. началось оснащение ими командных пунктов ГСОУ. К 1974 г. был реализован план первоочередных закупок, предусматривающий приобретение и установку 35 унифицированных ЭВМ.

В связи с поставкой первых унифицированных ЭВМ возник вопрос о порядке приобретения других средств вычислительной техники, в частности оконечных устройств. Американские специалисты считают, что для ГСОУ требуется около 6 тыс. устройств этого типа и их централизо-

ванная закупка могла бы существенно уменьшить ассигнования [62]. Однако пока все средства вычислительной техники, кроме унифицированных ЭВМ, закупаются министерствами видов вооруженных сил по отдельным контрактам и их разнообразие продолжает увеличиваться.

Помимо унификации оборудования дальнейшее развитие ГСОУ связывается с решением ряда других проблем. Считается, что в области связи основные работы должны быть направлены на повышение надежности связи при ракетно-ядерных ударах за счет освоения спектра сверхнизких частот, повышение гибкости и оперативности организации связи в новых районах за счет широкого использования спутниковой связи, а также совершенствование методов засекречивания информации и распространение их на все виды связи командных пунктов.

Для повышения эффективности обработки информации на командных пунктах предлагается осуществить постепенный переход к использованию вычислительных машин сверхвысокой производительности, соединенных через малые ЭВМ с различными оконечными устройствами, большими экранами и ЭВМ других командных пунктов. Таким образом, в завершенном виде ГСОУ должна представлять вычислительную сеть, узлами которой будут служить командные пункты, оснащенные сверхбыстродействующими ЭВМ. Такая сеть будет использовать общие, распределенные массивы данных, к которым сможет получить доступ (с учетом соблюдения требований секретности) оперативный работник любого командного пункта.

Для повышения надежности и устойчивости управления боеготовыми силами в условиях ракетно-ядерной войны считается перспективным применение воздушных командных пунктов (ВКП), под которые в настоящее время оборудовано несколько десятков самолетов [31]. Комплекс средств вычислительной техники, предназначенный для установки на ВКП, вследствие своего ограниченного состава пока еще не может обеспечить нормальную работу оперативной группы на борту самолета. Разработчики новых ВКП на самолете повышенной грузоподъемности («Боинг-747») также столкнулись с рядом технических трудностей, вследствие чего появилась новая концепция, согласно которой обработку оперативной информации для ВКП предлагается производить с помощью защищенных в противоатомном отношении сети наземных ЭВМ [46].

Важным направлением дальнейших работ является совершенствование математического обеспечения для вычис-

лительных машин. Актуальными проблемами в этой области считаются повышение продуктивности труда программистов, разработка языков программирования специального назначения, повышение качества имеющихся программ, их унификация, улучшение координации проводимых разработок [42].

Существует, наконец, ряд проблем, для решения которых требуется проведение серьезных фундаментальных исследований. Одна из них касается вопросов управления в кризисных ситуациях. По мнению американских специалистов, эта проблема решена лишь для случая ведения всеобщей ракетно-ядерной войны, в то же время для ведения ограниченных войн или действий при возникновении «локальных кризисных ситуаций» ГСОУ еще не приспособлена. Другая проблема связана с процессом принятия решений руководством. Ставится задача разработать методы, облегчающие предварительный анализ возникающих ситуаций, определение некоторого набора возможных ответных действий и вероятностную оценку ожидаемого эффекта их применения.

Таким образом, дальнейшее развитие ГСОУ связывается с решением целого комплекса проблем, охватывающих политические, организационные, технические, теоретические и военные вопросы управления. Решение вышеуказанных проблем составит, по-видимому, основу практической деятельности американского военного руководства по автоматизации управления боеготовыми силами в стратегическом звене в течение 70—80-х годов.

Рассмотрим теперь некоторые проблемы, связанные с автоматизацией управления боеготовыми силами в оперативно-тактическом звене.

В вооруженных силах США ведение операций на театрах военных действий возложено на так называемые силы общего назначения, компонентами которых являются сухопутные войска, военно-воздушные и военно-морские силы. Управление ими осуществляют пять объединенных командований в зонах Европы, Атлантики, Тихого океана, Аляски, Центральной и Южной Америки.

Учитывая характер современных операций, американское командование обращает особое внимание на максимальную централизацию управления боеготовыми силами в пределах ТВД, обеспечение высокой мобильности пунктов управления, сохранение непрерывности управления при переброcках войск и организацию четкого взаимодействия между оперативными объединениями различных видов

вооруженных сил. Большая роль в выполнении этих требований отводится автоматизированным системам управления войсками, которые обычно охватывают все органы управления от оперативных объединений до подразделений. Каждая АСУВ создается с учетом специфики задач, решаемых органами управления и, как правило, по родам войск и службам соответствующего вида вооруженных сил. Типичная схема организации управления на ТВД с использованием АСУВ показана на рис. 2.

В настоящее время средства вычислительной техники внедрены на большей части командных пунктов объединенных командований в зонах и подчиненных им командованиях видов вооруженных сил. С этими пунктами, которые входят в состав глобальной системы оперативного управления вооруженными силами США, должны сопрягаться АСУВ соответствующих видов вооруженных сил. В сухопутных войсках это автоматизированные системы управления боевыми действиями войск — «Тос», огнем полевой артиллерии — «Такфайр», тыловым обеспечением — *CS3*. В военно-воздушных силах это системы управления тактической авиацией — *485L* и противовоздушной обороной на ТВД — *412L*. Для управления военно-морскими силами предусмотрены автоматизированные системы управления флотом, соединением кораблей — НТДС, палубной авиацией — АТДС и морской пехотой — «Мтакс».

Все эти системы построены по одинаковому принципу: создание вычислительных центров при основных органах управления, соединение их между собой и подключение к каждому центру автоматизированных оконечных пунктов, располагаемых в низовых звеньях.

В процессе работ по автоматизации управления войсками в оперативно-тактическом звене неоднократно менялись основные концепции и подход. Характерным примером может служить история создания автоматизированных систем управления сухопутными войсками. Первая программа, положившая начало систематическим работам в этой области, была принята в 1956 г. Она преследовала цель разработки системы *ADPS*, которая в завершенном виде охватила бы все звенья управления полевой армии. Поскольку для создания подобной системы не было тогда необходимой технической базы и отсутствовал опыт практической разработки АСУВ, программа *ADPS* предусматривала в первую очередь изучение деятельности штабов и командных пунктов, выявление сложившихся связей, методов работы, определение видов деятельности, где автоматизация

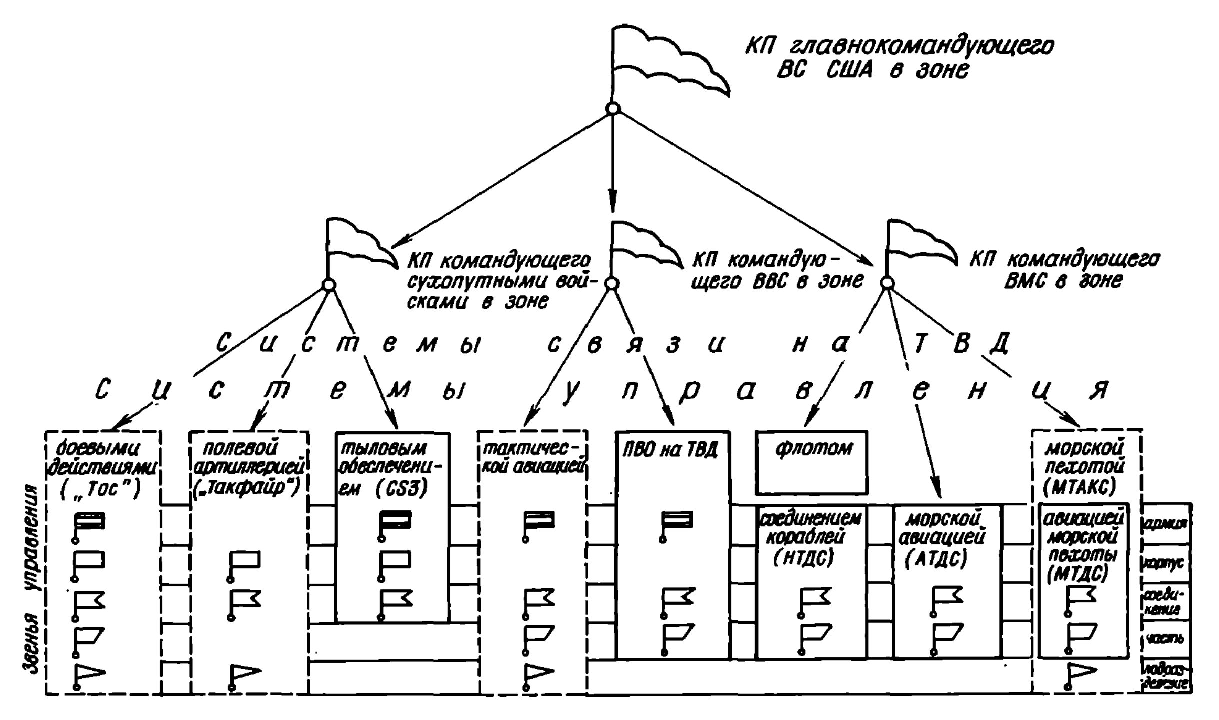


Рис. 2. Схема управления вооруженными силами США на ТВД с помощью АСУВ. Пунктирами показаны АСУВ, находящиеся в разработке

возможна и необходима, а затем уже в 1965—1970 гг. создание системы и внедрение ее в войска.

В то время считалось, что специфика оперативно-тактических задач требует применения специализированных ЭВМ, которые было решено разрабатывать по специальной программе «Филдейта», явившейся, таким образом, составной частью программы *ADPS*. По программе «Филдейта» планировалось создание опытных образцов оборудования для семи систем: оперативной, разведывательной, артиллерийской, взаимодействия с авиацией, радиотехнической разведки, метеорологической и материально-технического обеспечения. В ходе выполнения этой программы был определен состав необходимого оборудования и разработаны опытные образцы 12 типов ЭВМ, в том числе «Мобидик», «Бейсикпак», «Компак», «Фадак», «Информер» и др.

Однако полностью программа «Филдейта» не была завершена. В конце 1961 г. министерство Армии объявило о новой программе — *CCIS-70*, задача которой заключалась в том, чтобы провести всесторонние полигонные и войсковые испытания оборудования, разработанного по программе «Филдейта», обобщить и оценить полученные в процессе испытаний результаты, внести необходимые изменения в конструкцию отдельных образцов оборудования и изготовить некоторые новые образцы. Теперь уже предусматривалось создание только пяти систем: оперативной, артиллерийской, разведывательной, тыловой и административной.

Работы по программе *CCIS-70* намечалось закончить к 1970 г., однако испытания показали, что опытные образцы ЭВМ малопригодны для работы в полевых условиях, так как оказались слишком громоздкими и обладали малой надежностью. Была выявлена также необходимость различных организационных перестроек, в частности, объединения разведывательной с оперативной и тыловой с административной системой. Министерство Армии признало нецелесообразным продолжение работ по этой программе и в 1965 г. приняло новую программу «Адсаф», предусматривающую создание уже известных трех систем: «Тос», «Такфайр» и *CS3*. С точки зрения общего замысла и принятого подхода программа «Адсаф» коренным образом отличается от предыдущих.

Во-первых, она рассчитана на использование универсальных серийно выпускаемых ЭВМ третьего поколения с некоторыми конструктивными доработками, направленными на повышение надежности работы и обеспечение транспортабельности. Такой подход позволил сосредоточить ос-

новное внимание разработчиков не на технических вопросах, а на проблемах создания математического обеспечения. Практика использования машин общего назначения на этапах создания опытных образцов оборудования позволила также отлаживать программы решения задач, не дожидаясь изготовления серийных образцов.

Во-вторых, в ходе выполнения программы «Адсаф» была организована более тесная связь между разработками отдельных систем и обеспечено централизованное руководство, исключающее дублирование работ. Например, в системах «Тос» и «Такфайр» было решено использовать однотипное оборудование, благодаря чему число типов ЭВМ, предполагаемых для использования во всех системах, снизилось до трех.

В-третьих, в основу комплектации вычислительных центров и пунктов управления был положен модульный принцип, согласно которому наращивание их вычислительной мощности происходит за счет подключения однотипных блоков (модулей) к уже имеющимся.

Программа «Адсаф» должна была завершиться в 1975 г., но уже с конца 60-х годов ее практическая реализация стала отставать от намеченных сроков. К настоящему времени закончилось создание только системы тылового обеспечения, а разработка двух других систем отстает примерно на четыре года. Соответственно увеличиваются и расходы. Например, стоимость разработки системы «Такфайр» уже в 2,5 раза превысила первоначально запланированную.

Американские специалисты, объясняя причины отставания хода работ, отмечают, что процессы управления войсками на поле боя менее всего поддаются формализации и, следовательно, мало приспособлены для автоматизации. В результате этого возникают особые трудности при разработке программ решения оперативно-тактических задач. Немаловажным обстоятельством является также определенный скептицизм военачальников, с недоверием относящихся к внедрению новых методов в практику их работы. Определенное значение имели и просчеты относительно оценки объема и сложности предстоящих работ, из-за чего намечаемые сроки оказывались нереальными, а выделяемые ассигнования недостаточными. Характерно, например, что на выполнение программы «Филдсйта» было затребовано 250 млн. долларов., тогда как работы выполняемые по программе «Адсаф», оцениваются уже в 1 млрд. долларов.

Однако самой главной причиной медленных темпов автоматизации управления войсками в оперативно-тактическом звене считается отсутствие единой автоматизированной системы связи сухопутных войск. До настоящего времени основу тактической связи Армии США составляют системы и отдельные средства связи частей, соединений и объединений, которые, как правило, не сопрягаются друг с другом. К наиболее крупным из действующих систем относятся системы порайонной связи полевой армии и дивизии, представляющие собой сеть радиорелейных и кабельных линий многоканальной связи, работающих по принципу общего обслуживания абонентов подчиненных частей и подразделений. Недостатками систем порайонной связи являются малая пропускная способность из-за использования на узлах связи коммутаторов ручного обслуживания, а также недостаточная скрытность переговоров из-за трудности засекречивания аналоговых сообщений. Министерством Армии проводятся работы по созданию единой автоматизированной системы связи, ввод которой в эксплуатацию ожидается в конце 70-х годов. По мнению ряда американских специалистов, только при наличии такой системы связи могут успешно функционировать автоматизированные системы управления войсками на поле боя.

С этой точки зрения показателен подход министерства ВВС США к автоматизации управления действиями тактической авиации. До 1971 г. работы в этой области проводились по программе *407L*, целью которой являлось создание портативных средств связи, обнаружения и наведения самолетов. Этими средствами комплектовались центры управления тактической авиацией, управления и оповещения, непосредственной авиационной поддержки, командные пункты истребительных авиационных крыльев, а также группы управления тактической авиацией, передовые посты управления и оповещения. С 1971 г. по специальной программе *485L* стали разрабатываться и внедряться в указанные органы управления средства вычислительной техники. Они разрабатываются с учетом сложившихся методов управления, так что каждый орган управления может легко переходить с ручного на полуавтоматический или автоматический режим работы. Естественно, что при такой практике, когда органы управления оказываются уже подготовленными к внедрению средств вычислительной техники, процесс автоматизации происходит с большим эффектом.

Первоочередной задачей в области автоматизации управления вооруженными силами США в оперативно-тактическом звене считается завершение разработок отдельных АСУВ и их внедрение в войска. Практически из всех упомянутых систем в эксплуатации находятся лишь системы НТДС, АТДС, МТДС и *CS3*. Ввод в строй систем «Тос», «Такфайр» и *485L* намечен на вторую половину 70-х годов, а системы «Мтакс» — на первую половину 80-х годов. В дальнейшем планируется провести унификацию оборудования и математического обеспечения, что позволит обеспечить совместимость различных АСУВ и устранить дублирование ведущихся разработок.

Автоматизация управления повседневной деятельностью войск

Информационно-вычислительные центры начали создаваться с середины 50-х годов. К 1965 г. их в министерстве обороны США насчитывалось уже более тысячи. Однако в это число входили и мелкие вычислительные пункты, оборудованные счетно-перфорационными машинами. С середины 60-х годов началось переоснащение ИВЦ современными, более производительными ЭВМ, что позволило укрупнить центры и тем самым сократить их число. В дальнейшем за счет строительства новых центров в основном за пределами США — в Европе и Южном Вьетнаме — их количество несколько увеличилось и к 1970 г. достигло 1100.

В основу формирования ИВЦ в министерстве обороны США были положены следующие принципы:

— ИВЦ создавались по видам вооруженных сил, на которые возлагалась ответственность за разработку, внедрение и их эксплуатацию; к 1970 г. в Армии насчитывалось 462, в ВВС — 293, в ВМС — 298 и в управлениях министерства обороны — 42 ИВЦ;

— формирование ИВЦ происходило по территориальному принципу, т. е. каждый центр располагался в непосредственной близости от того органа управления, для обслуживания которого он предназначался; к 1970 г. на территории США располагалось 676 ИВЦ, или 62% общего их количества; распределение центров по другим географическим районам показано в табл. 2;

Таблица 2

Распределение информационно-вычислительных центров МО США по географическим районам

Географические районы	Количество ИВЦ			
	Центральный аппарат МО	Армия	ВВС	ВМС
Континентальная часть США	42	265	206	205
Европейская зона	—	86	37	5
Тихоокеанская зона	—	108	45	47
Зона Атлантики	—	—	—	41
Зона Аляски	—	2	4	—
Зона Центральной и Южной Америки	—	1	1	—
Всего	42	462	293	298

— большинство ИВЦ являются специализированными: они решают ограниченный круг задач в интересах определенных органов управления. Характер решаемых задач, а следовательно, и производительность ИВЦ, зависит от ранга органа управления. Можно условно выделить три категории ИВЦ, соотношение между которыми показано в табл. 3 [23]. Как следует из приведенных данных, основная часть ИВЦ — 85% — предназначена для обслуживания отдельных организаций: баз, складов, арсеналов, полигонов, исследовательских центров, других учреждений — и, следовательно, используется для решения частных задач.

Таблица 3

Распределение информационно-вычислительных центров между видами вооруженных сил и организациями МО США в 1970 г.

Категория ИВЦ	Количество ИВЦ				Количество центров данной категории (процент от общего числа)
	Центральный аппарат МО	Армия	ВВС	ВМС	
ИВЦ центрального аппарата МО и видов ВС	42	16	15	22	9
ИВЦ командований видов ВС	—	16	30	20	6
ИВЦ округов, баз, складов, учреждений и исследовательских центров	—	430	248	256	85
Всего	42	462	293	298	100

Характер задач, решаемых тем или иным центром, целесообразно рассмотреть на конкретном примере. Рассмотрим, как используются ИВЦ для решения задач в интересах заместителя начальника штаба министерства Армии по оперативным вопросам. В непосредственно подчиненных ему управлениях имеется три центра. Один из них предназначен для оценки с помощью методов моделирования действующих оперативных планов частей, соединений и объединений. Второй центр предназначен для обеспечения информацией о боевой готовности войсковых частей в целях определения возможностей их боевого использования, сроков мобилизационного развертывания, а также рационального распределения людских и материальных ресурсов. Информация в этот центр поступает от боевых командований, а к ним — из соединений и частей. Третий центр решает задачи, связанные с программой военной помощи, подготовкой и обучением личного состава за пределами США.

Кроме того, информация к заместителю начальника штаба поступает от ряда ИВЦ других командований:

— ИВЦ командования вооружения и техники, который обрабатывает информацию, связанную с распределением финансовых ресурсов и военной техники;

— ИВЦ командования ПВО, обрабатывающего информацию об оперативной готовности войск ПВО, оценке существующих систем ПВО, их анализе и рекомендациях по дальнейшему развитию;

— ИВЦ командования развития боевых возможностей, которые обрабатывают данные, связанные с проведением учений и моделированием боевых действий войск.

На основании данных, вырабатываемых указанными центрами, аппарат заместителя начальника штаба министерства Армии по оперативным вопросам разрабатывает стратегические концепции и оперативные планы использования сухопутных войск.

Рассмотренный пример указывает на строгую специализацию и автономность ИВЦ. Действительно, большинство из них работают изолированно друг от друга, исключение составляют лишь те центры, которые обрабатывают информацию о боевой готовности. Последние обычно сопрягаются между собой с помощью автоматизированной системы цифровой связи «Автодин».

Принципы, положенные в основу создания ИВЦ, имеют как положительные, так и отрицательные стороны. Формирование ИВЦ по видам вооруженных сил обеспечило по-

вышенную ответственность министерств за развертывание, внедрение, эксплуатацию, обеспечение и использование центров. Территориальный принцип позволил располагать их в непосредственной близости от пользователей и в большинстве случаев исключить необходимость в передаче данных по каналам связи. Специализация ИВЦ значительно упростила разработку математического обеспечения, а также формы представляемых документов и технические средства, необходимые для их подготовки [14].

Однако существующая организация ИВЦ имеет и серьезные недостатки. В докладе специальной правительственной комиссии отмечается, что ведомственный принцип не обеспечивает равномерной загрузки и производительного использования ИВЦ, а также не позволяет выработать единую политику в области приобретения и эксплуатации ЭВМ. Специализация ИВЦ привела к неоправданному увеличению их числа, разнотипности используемого оборудования, затруднила его унификацию. Автономность использования ИВЦ затруднила обмен информацией между ними, в результате чего существует большая задержка информации, представляемой в штабы от подчиненных органов управления.

Следствием этих недостатков является значительный перерасход денежных средств, затрачиваемых на содержание ИВЦ. Так, по мнению комиссии, из-за неправильной организации использования вычислительной техники в ИВЦ министерством обороны США тратится дополнительно не менее полумиллиарда долларов в год. Во многих центрах вычислительные машины работают по 14—16 ч в сутки и коэффициент их использования не превышает 0,5—0,6. Излишнее дробление центров и специализация на решении ограниченного круга задач делает экономически невыгодным применение мощных и более производительных ЭВМ. Там же, где это возможно, руководители предпочитают приобретать несколько малых или средних ЭВМ, не рискуя делать крупные единовременные затраты. Между тем использование больших ЭВМ могло бы дать значительную экономию. Например, комиссия подсчитала, что замена только 50 средних и малых ЭВМ несколькими большими позволила бы сократить расходы в пять раз. Большой перерасход денежных средств происходит также из-за недостатков в руководстве разработками математического обеспечения главным образом в области сбора, накопления, обновления и поиска информации.

Такое положение дел заставляет министерство обороны

США искать действенные способы повышения эффективности использования вычислительной техники. Одним из этих способов является новая организация ИВЦ, предложенная комиссией. Суть предложений комиссии заключается в том, чтобы создать единую территориальную сеть крупных информационно-вычислительных центров министерства обороны. Каждый центр должен обслуживать все военные организации данного географического района независимо от их ведомственной подчиненности. Оснащение ИВЦ большими, высокопроизводительными ЭВМ, работающими в режиме разделения времени, позволит значительно сократить количество центров и в то же время быстро обслуживать различных пользователей. Соединение ИВЦ линиями связи с пользователями и между собой обеспечит равномерное распределение нагрузки и эффективное использование ЭВМ. По мнению комиссии, обслуживание подавляющего большинства организаций министерства обороны может быть осуществлено в рамках единой информационной сети и лишь в отдельных случаях потребуется использование автономных центров.

По расчетам американских специалистов, на создание такой сети потребуется от 3 до 5 лет. Главным техническим препятствием в настоящее время считается отсутствие единой сети передачи данных, позволяющей осуществлять высокоскоростной обмен данными между вычислительными машинами, а с финансовой и организационной точек зрения — необходимость закупки большого числа современных, высокопроизводительных ЭВМ [14].

3 Зак. 1075

Глава 2
ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВОЙСКАМИ В США

Существующие АСУВ по принципам построения подразделяются на три основные категории, определяемые спецификой работы соответствующих органов управления. К первой категории относятся АСУВ, создаваемые в интересах органов, осуществляющих общее руководство боеготовыми силами через подчиненные командные пункты и штабы. Это системы управления высшего военного руководства, министерств видов вооруженных сил и объединенных командований в зонах. Их характерной особенностью является охват органов управления одного ранга без подключения низовых звеньев, т. е. направленность на решение задач в интересах данного звена управления [17].

Ко второй категории можно отнести АСУВ с ярко выраженным централизованным принципом построения, которые охватывают сверху донизу какую-либо отдельную область военной деятельности. Примером таких АСУВ могут служить системы управления стратегическими наступательными и оборонительными силами, где в целях обеспечения высокой оперативности предусмотрена непосредственная передача команд и приказов главнокомандующего на отдельные самолеты или пусковые установки.

В АСУВ третьей категории централизованный и децентрализованный принципы построения сочетаются вместе. Системы представляют собой совокупность автоматизированных центров управления, каждый из которых способен решать задачи в интересах как своего, так и нижестоящих звеньев. Подобный принцип применяется при создании АСУВ оперативно-тактического звена. Такие системы должны обладать особой гибкостью и быстро приспосабливаться к конкретным условиям боевой обстановки.

В качестве примеров конкретной реализации указанных принципов рассмотрим систему управления высшего военного руководства, систему управления стратегического авиационного командования и систему управления сухопутными войсками на ТВД.

2.1. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВЫСШЕГО ВОЕННОГО РУКОВОДСТВА

Система управления высшего военного руководства США, известная под названием национальной системы оперативного управления (НСОУ), является составной частью глобальной системы оперативного управления вооруженными силами США и предназначена для непосредственного обеспечения высшего военного руководства информацией о военно-политической обстановке в мире в целях выработки им обоснованных решений по управлению вооруженными силами как в мирное, так и в военное время. В состав НСОУ входят командный центр, запасный командный центр и воздушный командный пункт (ВКП) [1].

Основой системы является командный центр, расположенный в Пентагоне. Сюда стекается информация от боевых командований, разведывательной системы, других военных организаций, а также органов государственного управления. Круглосуточная работа командного центра обеспечивается пятью дежурными сменами. Дежурный персонал оперативных работников, размещаемый в центре текущей обстановки, ведет непрерывное наблюдение за обстановкой во всем мире. За каждой географической зоной закреплены по три офицера-направленца. Два офицера готовят оперативную сводку за сутки, а третий — свою часть утреннего доклада председателю комитета начальников штабов. Кроме того, имеется специальная группа действий по тревоге, в обязанности которой входит доведение сигналов тревоги до должностных лиц и слежение за местопребыванием военного руководства [31].

В командном центре предусмотрена специальная комната для высшего военного руководства, из которой в период кризисных ситуаций и в военное время должно осуществляться централизованное управление вооруженными силами. Она связана линиями закрытой телефонной связи со всеми военными и государственными органами, а с Белым Домом — цветной телевизионной связью.

Запасный командный центр оборудован в противоатомном отношении и предназначен для выполнения всех функций командного центра в условиях ракетно-ядерной войны. Между командным и запасным командным центром имеются закрытые линии телефонной, буквопечатающей,

---

[1] Ранее в состав НСОУ входил также плавучий командный пункт, но с 1970 г. он снят с оперативного дежурства.

фототелеграфной и телевизионной связи, а также широкополосные линии для непосредственного обмена данными между ЭВМ.

Воздушный командный пункт предназначен для повышения устойчивости централизованного управления вооруженными силами в период нанесения ракетно-ядерного удара по территории США. Он оборудован на трех самолетах *ЕС-135*, один из которых находится в 15-минутной готовности к взлету вместе с оперативной группой, возглавляемой генералом.

Понимая сложность и ответственность задач, стоящих перед НСОУ, военное руководство США с первой половины 60-х годов стало осуществлять планомерные мероприятия по ее автоматизации. Был создан центр обеспечения НСОУ, на который возложена задача выполнения операций по автоматизированной обработке данных в интересах органов управления высшего военного руководства. К настоящему времени в его составе имеется несколько ЭВМ типа *IBM 360/65, IBM 360/50, IBM 1410, IBM 1401* и др., на базе которых создан банк данных, получивший название «Нипс».

Понятие «банк данных» по аналогии с традиционным значением слова «банк» употребляется применительно к информационным системам, предназначенным для сбора, хранения и выдачи по запросам большого количества данных. Такие данные хранятся в виде сгруппированных по определенным признакам информационных массивов, называемых файлами. В системе «Нипс» имеется несколько сотен различных файлов, содержащих данные о текущей обстановке, положении сил, боевой готовности, тыловом обеспечении, ядерном оружии, результатах разведки, происшедших инцидентах, укомплектованности войск и др. Для формирования файлов, их обновления на основе поступающей информации и установления последовательности обработки в системе «Нипс» принят порядок, отображенный на рис. 3.

Все донесения, направляемые в НСОУ, поступают в запасный командный центр, где записываются на перфоленты, перфокарты или магнитные ленты. Донесения, в которых содержится информация, относящаяся к уже сформированным файлам, обрабатываются тут же, а донесения, содержащие информацию нового вида, отсылаются на командный центр, где подвергаются специальному анализу в целях определения порядка формирования новых файлов или коррекции существующих. Периодически между

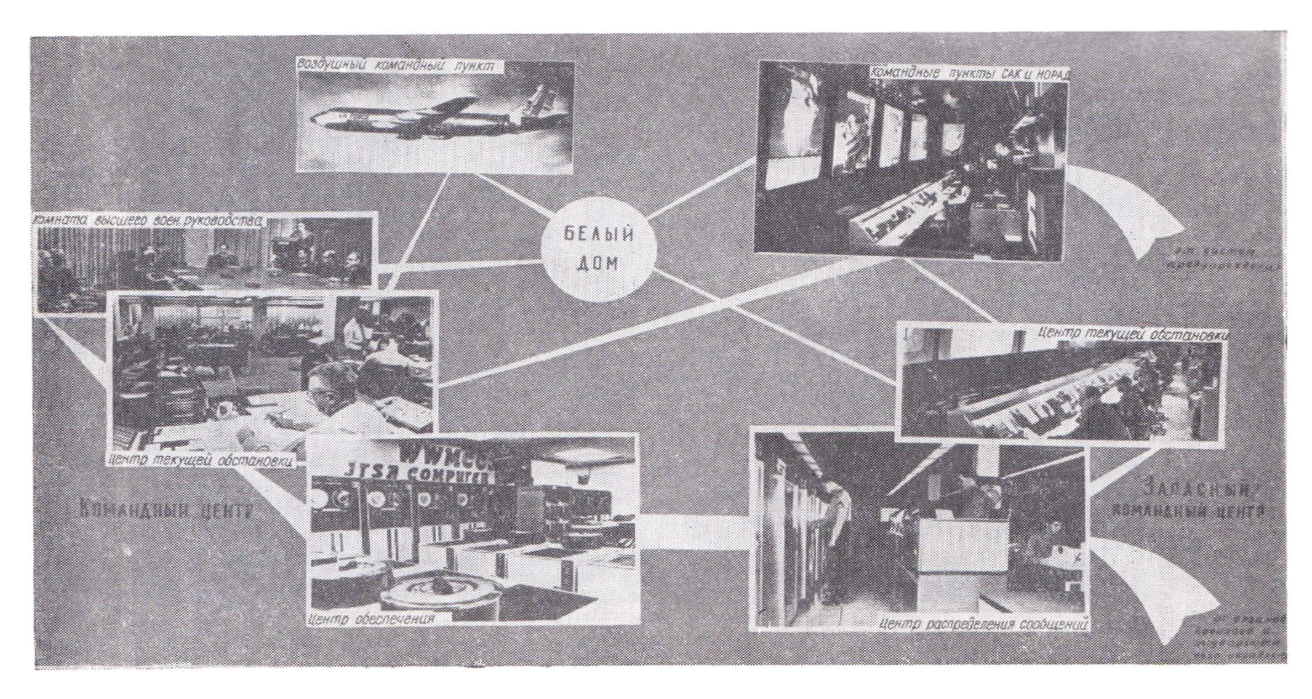


Рис. 3. Порядок поступления информации в органы высшего военного руководства США

командными центрами происходит автоматический обмен обновленными и вновь сформированными файлами с тем, чтобы каждый центр располагал полной информацией о военно-политической обстановке, скорректированной по последним данным. Некоторая часть информации посылается также на базу Эндрюс, где находятся самолеты ВКП. Эта информация записывается на магнитную ленту, которую берет с собой оперативная группа, отправляясь в полет.

Комплекс технических средств, находящийся в распоряжении оперативных работников НСОУ, обеспечивает возможность обращения к любому файлу и получение информации в виде, удобном для анализа. Для этой цели служат телетайпы, печатающие устройства, графопостроители и индивидуальные устройства отображения, которыми оборудуются рабочие места операторов в центре текущей обстановки. Кроме того, имеется несколько устройств отображения коллективного пользования, указывающие на состояние боевой готовности вооруженных сил, их дислокацию, укомплектованность и т. д. На специальных экранах отображается информация, поступающая из системы раннего предупреждения о ракетном нападении командования «Норад» и о готовности сил стратегического авиационного командования. Информация, получаемая в виде текста, графиков и таблиц, может быть быстро передана в Белый Дом и другие органы государственного управления по закрытым каналам фототелеграфной связи [39].

Кроме сбора, накопления и распределения информации на систему «Нипс» возлагается производство различных расчетов, связанных с подготовкой оперативных планов боевого использования сил, оценкой их боевой эффективности, определением состава сил, требующихся для реализации действующих оперативных планов, а также их корректировки исходя из складывающейся обстановки. При выборе соответствующего плана, каждый из которых хранится в памяти вычислительных машин, система должна автоматически выдавать подготовленные заранее распоряжения с учетом действительного наличия сил и средств.

Дальнейшее развитие НСОУ, как считают американские специалисты [39], будет направлено на повышение оперативности и надежности централизованного управления вооруженными силами. Предусматривается осуществить интеграцию процессов сбора, передачи, обработки, распределения и представления информации, что позволит уменьшить вмешательство операторов в эти процессы, ускорить их выполнение, а также установить более тесную

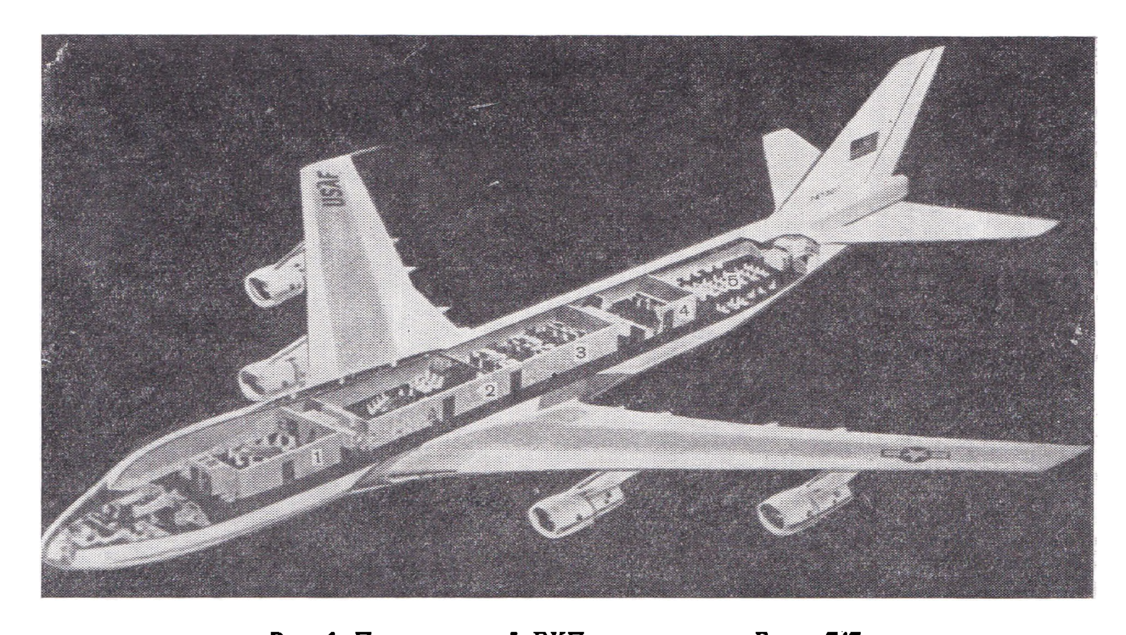


Рис. 4. Перспективный ВКП на самолете «Боинг-747»:

1 — салон для высшего военного руководства; *2* — салон для проведения совещаний; *3* — салон для оперативкой группы; *4* — салон для отдыха; *5* — салон для размещения средств вычислительной техники и связи

связь между различными органами высшего военного и государственного руководства и улучшить обмен информацией между ними.

Проведение подобной интеграции предполагает комплексную автоматизацию всех указанных процессов на основе более широкого применения средств вычислительной техники. Между тем существующие площади, выделенные под командные центры, не позволяют разместить на них нужное количество оборудования. То же самое относится и к самолетам ВКП, грузоподъемность которых оказалась слишком малой. Планами военного руководства США предусматривалось уже к середине 1975 г. вдвое увеличить площадь командного центра, оснастить его новыми устройствами отображения больших размеров и установить другое оборудование [31].

Ведутся работы и по совершенствованию управления вооруженными силами с борта ВКП. Комплекс средств вычислительной техники, разрабатываемый с 1967 г., должен обеспечить хранение основных оперативных планов, регистрацию всех отданных и поступивших команд, дистанционный запуск ракет с земли, а также выдачу информации о своих войсках и противнике на пять автоматизированных рабочих мест. Однако проведенные летные испытания опытных образцов оборудования показали его низкую надежность и ограниченные возможности. В настоящее время создается перспективный ВКП на самолетах «Боинг-747» (рис. 4). Площадь, занимаемая в этих самолетах оперативным и техническим персоналом, оборудованием связи и средствами вычислительной техники составляет около 200 м² (на старых самолетах 80 м²). Первоначально планировалось, что на новых самолетах будут установлены вычислительная машина, устройства отображения коллективного пользования, до 16 комплектов аппаратуры автоматизированных рабочих мест, различные средства документирования информации и дополнительная аппаратура связи. Сейчас целесообразность автоматизированной обработки данных непосредственно на борту ВКП подвергается сомнению. Во всяком случае, установка ЭВМ на новых самолетах до 1980 г. не предусматривается [46].

2.2. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО АВИАЦИОННОГО КОМАНДОВАНИЯ

В вооруженных силах США основная ответственность за ведение наступательных операций с применением ракетно-ядерного оружия возложена на стратегическое авиаци-

онное командование (САК), которому подчинены ракетные войска и стратегическая авиация, сведенные в три воздушные армии.

Система управления силами САК имеет иерархический принцип построения (рис. 5). Ее высшие органы — командные пункты САК и подчиненных ему воздушных армий — входят в состав ГСОУ, образуя высший уровень иерархии. Следующий уровень — командные пункты ракетных и авиационных крыльев, связанные, как минимум, с двумя вышестоящими командными пунктами. Еще ниже располагаются командные пункты ракетных дивизионов и эскадрилий, уже непосредственно связанные с ракетными комплексами и стратегическими бомбардировщиками [40].

Основой системы управления является командный пункт САК, расположенный на авиабазе Офутт. Он оснащен разнообразными средствами вычислительной техники, состоящими из нескольких комплексов ЭВМ, более чем 20 проекторов для воспроизведения динамической и статической информации на четырех больших экранах, 10 высокоскоростных печатающих устройств, нескольких десятков индивидуальных пультов для оперативных работников, различной коммутационной, каналообразующей и засекречивающей аппаратуры (рис. 6).

Такой состав оборудования обусловлен разнообразным характером решаемых задач и большим объемом обрабатываемой информации. Для обработки оперативной информации на командном пункте САК были разработаны две специализированные ЭВМ *AN/FSQ-31* с быстродействием около 400 тыс. операций в секунду, которые явились базой для организации подсистемы обработки оперативной информации. К ним регулярно поступают сообщения о состоянии, положении и характере действий сил САК, а также сведения от системы раннего предупреждения о ракетном нападении «Бимьюз» и других систем командования «Норад». С помощью этих ЭВМ подготавливаются данные о боеготовности сил и средств САК (количестве ракет и бомбардировщиков, состоянии их готовности, количестве бомбардировщиков в воздухе, местоположении самолетов-заправщиков, численности личного состава, состоянии материально-технического обеспечения и пр.); о противнике (о промышленных, административных и других жизненно важных центрах, местонахождении аэродромов и пусковых установок стратегических ракет, количестве и основных характеристиках самолетов и ракет, характеристиках системы ПВО и пр.); о текущей обстановке (обнаружении

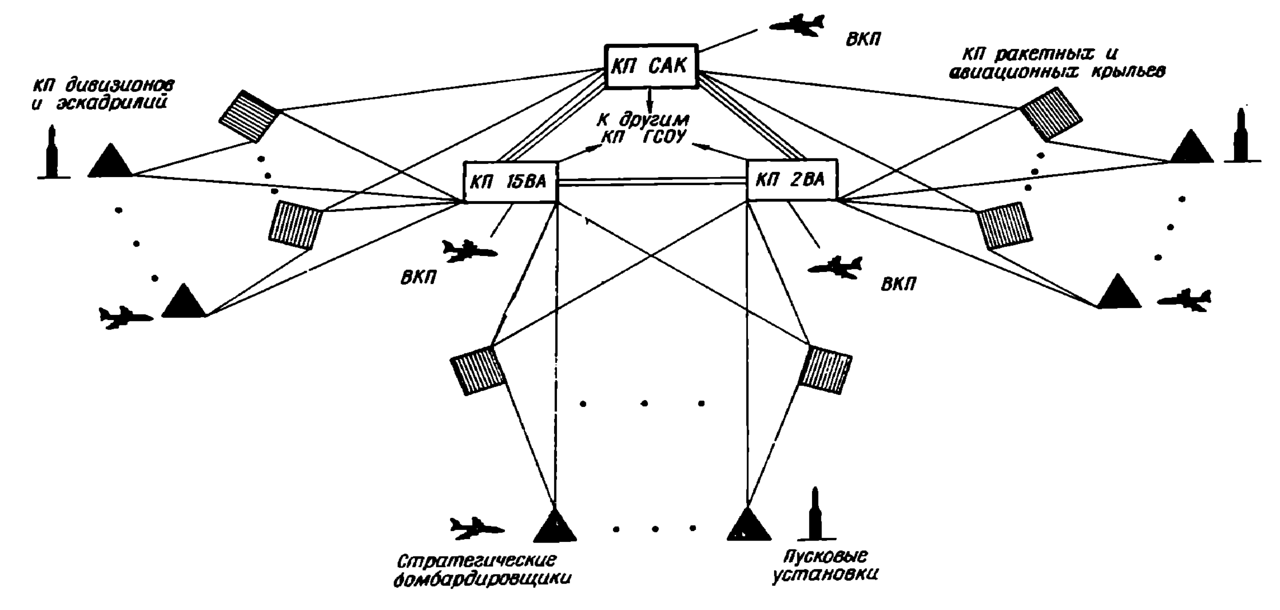


Рис. 5. Структурная схема автоматизированной системы управления стратегическими наступательными силами ВС США

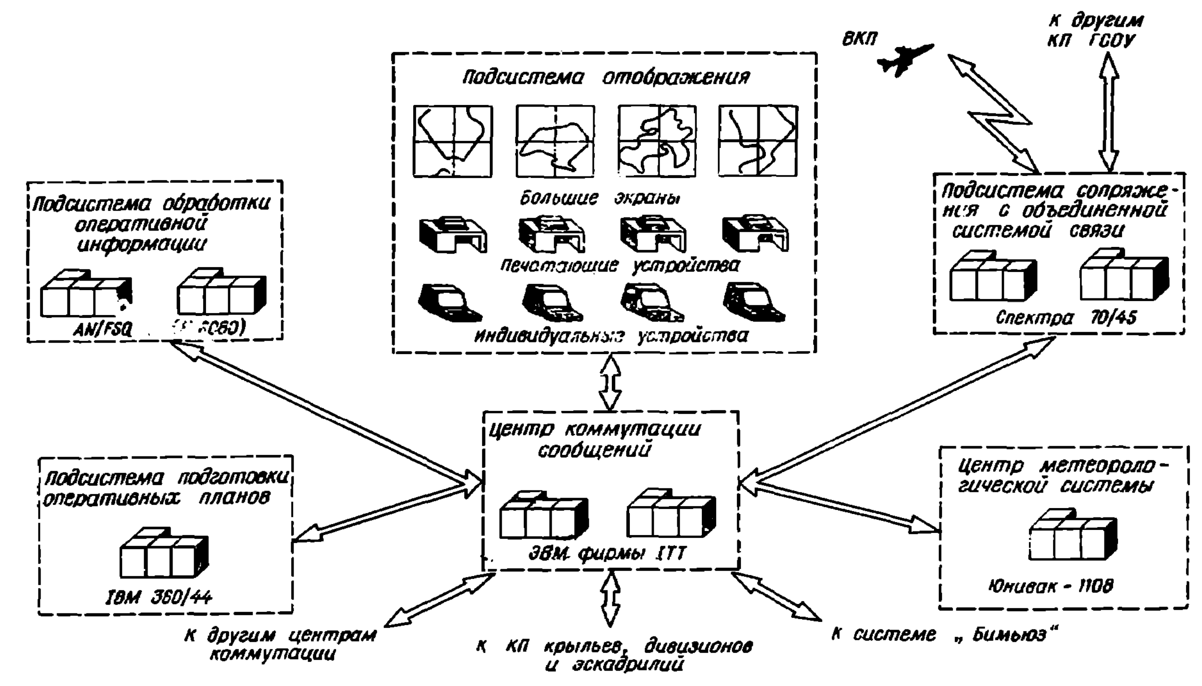


Рис. 6. Средства вычислительной техники на командном пункте САК

ракет противника и местах ядерных взрывов, размерах поражения и радиоактивного заражения местности и пр.).

Важность и сложность задач, решаемых подсистемой обработки оперативной информации, поставили командование перед необходимостью постоянного совершенствования ее технической базы. С этой целью на командном пункте САК в 1972—1973 гг. были установлены две унифицированные ЭВМ *H 6080* (быстродействие около 2 млн. операций в секунду), которые должны взять на себя обработку большей части оперативной информации.

Разработка оперативных планов САК производится специальной группой оперативных работников с помощью ЭВМ *IBM 360/44*. В задачу группы входит оценка эффективности различных вариантов использования имеющихся сил и определения с помощью методов моделирования оптимальных вариантов. Кроме того, здесь выполняются расчеты для нахождения: оптимальных маршрутов полета бомбардировщиков к целям с дозаправкой и без нее; безопасного временного интервала между самолетами; вида и количества бомб, необходимых для обеспечения заданной степени поражения целей; баллистических траекторий ракет со стартовых площадок до целей; численности личного состава и учетных специальностей на полгода вперед и т. д.

Для сбора метеоданных, необходимых для расчета баллистических траекторий ракет и прогнозирования погоды на маршрутах полета бомбардировщиков, служит один из центров глобальной метеорологической системы, закрепленный за командным пунктом САК. Обработка метеоданных, подготовка и отображение на большом экране метеорологической обстановки происходит с помощью ЭВМ «Юнивак-1108».

Центр коммутации сообщений, укомплектованный двумя специализированными ЭВМ фирмы *ITT*, является своеобразным диспетчером, через который проходят все внутренние и внешние сообщения. Этот центр через систему «Сатин» (две ЭВМ Спектра 70/45) сопрягается с объединенной системой связи министерства обороны, а через нее с другими командными пунктами, ГСОУ и ВКП САК.

Такие же центры коммутации сообщений организованы при командных пунктах двух воздушных армий, которые одновременно являются и запасными командными пунктами САК. Каждый центр коммутации осуществляет прием сообщений от ракетных частей по основной и резервной ли-

ниям связи, регистрирует и направляет их по указанному адресу, передает приказы, команды управления и сигналы тревоги, непрерывно контролирует состояние линий связи и обеспечивает необходимую достоверность циркулирующей информации. Одна из ЭВМ центра коммутации находится в рабочем режиме, а другая — в резерве. Для обмена информацией с каждым центром предусмотрены 32 дуплексных канала связи, работающие со скоростью от 600 до 4800 бод. В дополнение к ним каждый центр имеет около 80—90 дуплексных каналов, по которым обеспечивается связь с нижестоящими органами управления.

Для оснащения командных пунктов ракетных и авиационных крыльев предусмотрены так называемые комплекты выносных средств связи и вычислительной техники. В их состав входят каналообразующая аппаратура, коммутаторы, засекречивающая аппаратура, печатающие устройства, пульты запроса и другое оборудование. Связь осуществляется по основной и резервной линиям. По основной линии обеспечивается обмен информацией с центром коммутации «своей» армии, а по резервной — с другой воздушной армией или командным пунктом САК. Более упрощенный вариант такого комплекса используется на командных пунктах дивизионов и эскадрилий, а в пунктах управления запуском ракет кроме средств связи устанавливается лишь одно печатающее устройство для документирования кратких команд и сообщений.

Подобный принцип построения системы и оснащение всех входящих в ее состав органов управления средствами автоматизации обеспечит высокую оперативность прохождения команд и сигналов. Кроме того, в системе предусмотрены специальные меры, направленные на повышение надежности и обеспечение непрерывности управления. Система построена таким образом, что управление стратегическими наступательными силами может осуществляться с командных пунктов не только САК, но и двух воздушных армий. При выходе из строя ряда командных пунктов ракетных и авиационных крыльев доведение команд и сигналов до частей и подразделений обеспечивается оставшимися командными пунктами за счет широко разветвленной и многократно дублированной системы связи. В частности, кабельные линии дублируются радиолиниями УКВ, КВ и СВ диапазона, а для связи командного пункта САК с ракетными комплексами имеется специальная система длинноволновой связи. При выходе из строя всех указанных линий связи передача команд управления

на ракетные установки может быть обеспечена по системе связи в чрезвычайных условиях с помощью ракет.

Повышению надежности централизованного управления служат также воздушные командные пункты САК и воздушных армий. ВКП САК несут круглосуточное дежурство в воздухе. Продолжительность дежурства одного самолета составляет около 8 ч. На его борту находится оперативная группа из 11 человек, которая поддерживает непрерывную связь с командными пунктами САК и воздушных армий, а через них с ракетными и авиационными крыльями. ВКП воздушных армий круглосуточного дежурства в воздухе не несут, однако один из самолетов постоянно находится в 15-минутной готовности к вылету. По тревоге он поднимается в воздух и начинает полет по заранее установленному маршруту, проходящему над районами дислокации своих армий.

Первоначально на всех ВКП была установлена только аппаратура связи, которая обеспечивала непосредственную связь ВКП с системой оповещения САК по тревоге, с командным центром вооруженных сил, командными пунктами САК и «Норад». С 1965 г. проводились работы по оснащению ВКП оборудованием, обеспечивающим дистанционный запуск ракет с земли, и к настоящему времени все самолеты оснащены этим оборудованием. Разрабатывался и комплекс средств вычислительной техники, предназначенных для установки на борту самолета. В его состав входили ЭВМ с быстродействием около 300 тыс. операций в секунду, запоминающие устройства на магнитных барабанах и лентах, индивидуальные устройства отображения и средства документирования данных. Указанными средствами оснащен пока только один самолет, но ожидается, что с вводом в строй перспективных ВКП на самолетах «Боинг-747» средства вычислительной техники будут использоваться в более широких масштабах [36].

2.3. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СУХОПУТНЫМИ ВОЙСКАМИ НА ТВД

Работы по автоматизации управления сухопутными войсками на ТВД проводятся в рамках программы «Адсаф», предусматривающей разработку трех систем: «Тос», «Такфайр» и *CS3*.

Система «Тос» предназначена для обеспечения своевременной и точной информацией о боевой обстановке командиров и штабов оперативно-тактического звена управления

и производства расчетов, связанных с планированием и ведением боевых действий сухопутными войсками. В системе «Тос» предполагается автоматизировать решение более 30 оперативно-тактических задач, которые можно разделить по следующим группам:

— сбор и оценка информации о положении, боевых порядках и характере действий своих войск и войск противника;

— сбор, анализ и обобщение данных, поступающих от стратегической, воздушной, войсковой и артиллерийской разведки;

— планирование боевых действий войск (тактическая авиационная поддержка и противовоздушная оборона, поддержка ядерными средствами и ликвидация последствий ядерного нападения, обеспечение связи и ведение радиоэлектронной борьбы, строительство инженерных сооружений и разрушение укреплений противника, передвижение войск на поле боя и расчет рубежей огневого взаимодействия);

— расчеты, связанные с ведением специальных видов борьбы (химическое и биологическое заражение, действия в тылу противника, психологическая война);

— различные задачи по обеспечению боевой деятельности войск (расположение и состояние аэродромов, управление воздушным движением, охрана и оборона военных объектов, сбор данных о метеообстановке).

По структуре система «Тос» представляет собой сеть вычислительных центров и оконечных станций для ввода — вывода информации (рис. 7). Основой системы является главный центр, размещаемый согласно первоначальному варианту при штабе полевой армии, с которым должны соединяться вспомогательные вычислительные центры, организуемые при командных пунктах полевой армии, корпусов и дивизий. Каждый вспомогательный вычислительный центр в свою очередь соединяется с оконечными станциями, установленными в бригадах и батальонах. В связи с недавним решением об упразднении армейского звена управления и непосредственном подчинении корпусов командованиям сухопутных войск в соответствующих географических зонах главный вычислительный центр будет организовываться при штабе корпуса. Обсуждается также возможность организации вспомогательных вычислительных центров в бригадах.

Порядок поступления данных в главный вычислительный центр показан на рис. 7. Сведения от передовых

наблюдательных пунктов, разведдозоров и других подразделений поступают на оконечные станции батальонных и бригадных пунктов управления, размещаемых в бронетранспортерах. Затем обобщенные данные передаются во вспомогательный вычислительный центр дивизии, оборудование которого смонтировано на двух $2^1/_2$-тонных автомобилях, а оттуда в главный вычислительный центр. На

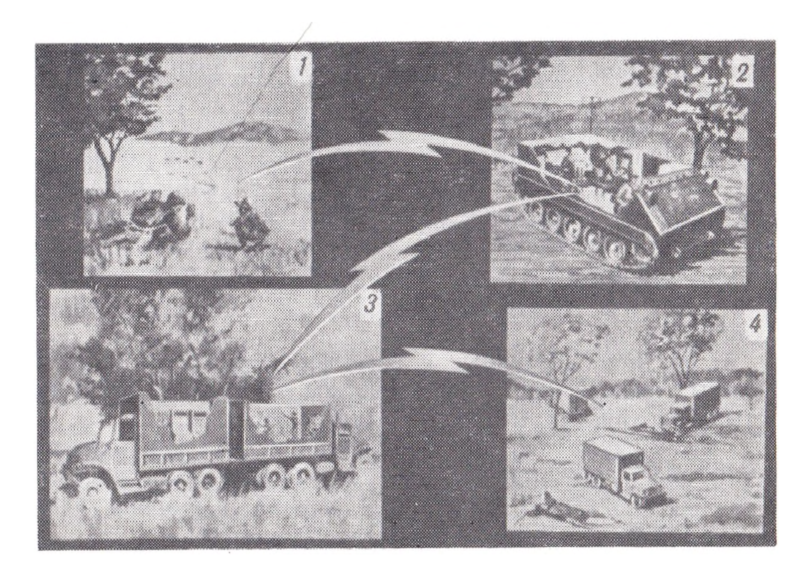


Рис. 7. Принцип построения системы управления боевыми действиями сухопутных войск «Тос»:

1 — наблюдательный пункт; *2* — командный пункт батальона (бригады); *3* — вспомогательный вычислительный центр дивизии; *4* — главный вычислительный центр корпуса

рис. 7 этот центр изображен в виде комплекса из трех машин, однако конкретные технические решения по его конструкции еще не приняты. Структура системы предусматривает возможность обмена информацией между любыми вычислительными центрами корпуса. Через главный вычислительный центр производится также обмен данными с другими корпусами, командованием сухопутных войск на ТВД и континентальной части США.

Планами создания системы «Тос» предусматривается использовать следующее оборудование:

— центральный процессор универсального типа с оперативной памятью достаточно большой емкости;

— внешние запоминающие устройства трех типов: основные блоки магнитных лент, сменные блоки магнитных лент, которые могут быстро сменяться операторами, и магнитные барабаны;

— оконечные устройства двух типов для ввода — вывода кодограмм переменного и фиксированного форматов;

— аппаратуру для нанесения обстановки на карту и устройства для отображения тактической обстановки;

— печатающие устройства, электрические пишущие машинки и индивидуальные устройства для предварительной подготовки кодограмм;

— специализированную аппаратуру связи.

Экспериментальные образцы этого оборудования находятся в опытной эксплуатации в соединениях и частях сухопутных войск, дислоцированных в Европе. Окончательный выбор образцов будет проведен с учетом опытной эксплуатации, а также по результатам испытания оборудования системы «Такфайр», часть которого предполагается использовать в системе «Тос» [15].

Система «Такфайр» предназначена для автоматизации управления огнем ствольной артиллерии и тактическими ракетами в звеньях от батареи до армейского корпуса включительно. В данных звеньях управления система должна обеспечить автоматизированное решение задач по планированию артиллерийского огня как обычными, так и ядерными боеприпасами; разведке и анализу целей, подлежащих уничтожению; подготовке данных на ведение огня; сбору и анализу сведений о положении, состоянии и укомплектованности артиллерийских подразделений, частей и соединений, а также выполнение ряда других функций управления.

Основу структуры системы составляют автоматизированные центры управления артиллерийским огнем, создаваемые при дивизионах, дивизиях и корпусах, а также автоматизированные пункты управления, создаваемые при батареях. Предусматривается автоматизация сбора и передачи разведывательных данных, для чего артиллерийские наблюдательные посты оснащаются соответствующими средствами.

Порядок взаимодействия основных элементов системы для звена дивизион — дивизия показан на рис. 8. Передовые наблюдательные посты передают данные разведки и

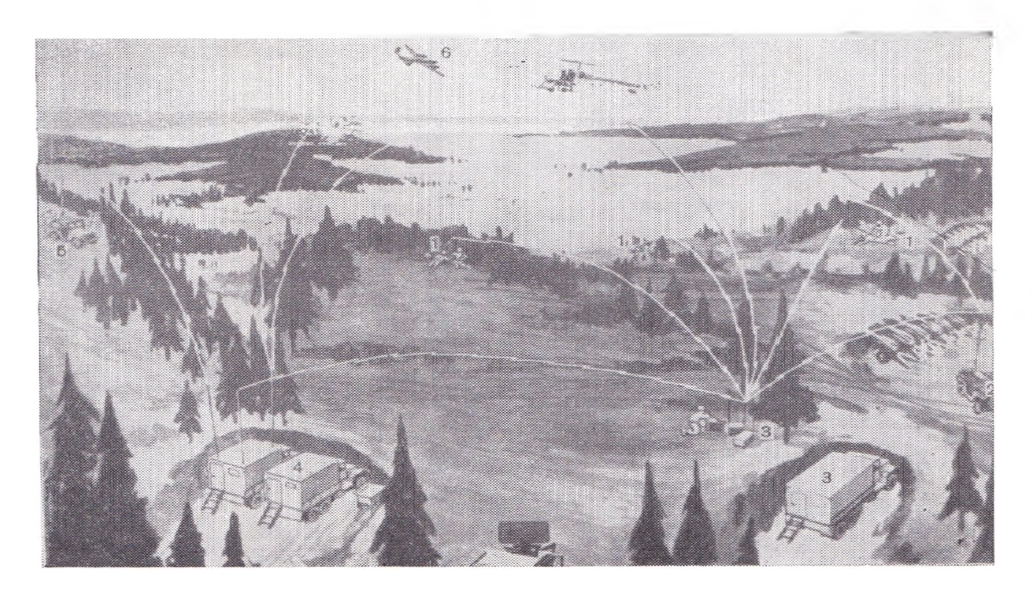


Рис. 8. Принцип построения системы управления полевой артиллерией «Такфайр»:
1 — передовой наблюдатель; *2* — пункт управления огнем батареи; *3* — центр управления огнем дивизиона; *4* — центр управления артиллерией дивизии; *5* — топографическая группа; *6* — авиационная разведка

наблюдения в центр управления огнем дивизиона, где эти данные обрабатываются с помощью ЭВМ. Управление огнем артиллерийских батарей осуществляет офицер дивизиона (стреляющий). По его требованиям ЭВМ производит необходимые расчеты (например, вычисляет исходные данные для стрельбы) и выдает результаты этих расчетов на устройство отображения. Оценив полученные данные и при необходимости скорректировав их (в этом случае ЭВМ производит повторные расчеты), стреляющий передает данные в пункты управления артиллерийских батарей. Оценка и корректировка результатов стрельбы производятся стреляющим на основании докладов передовых наблюдательных постов. Обобщенные сведения передаются в центр управления огнем дивизии. Сюда поступает также часть разведывательных данных непосредственно от наблюдательных постов. Полученные данные обобщаются, анализируются и используются для составления боевых приказов артиллерийским подразделениям и сводок вышестоящему командованию.

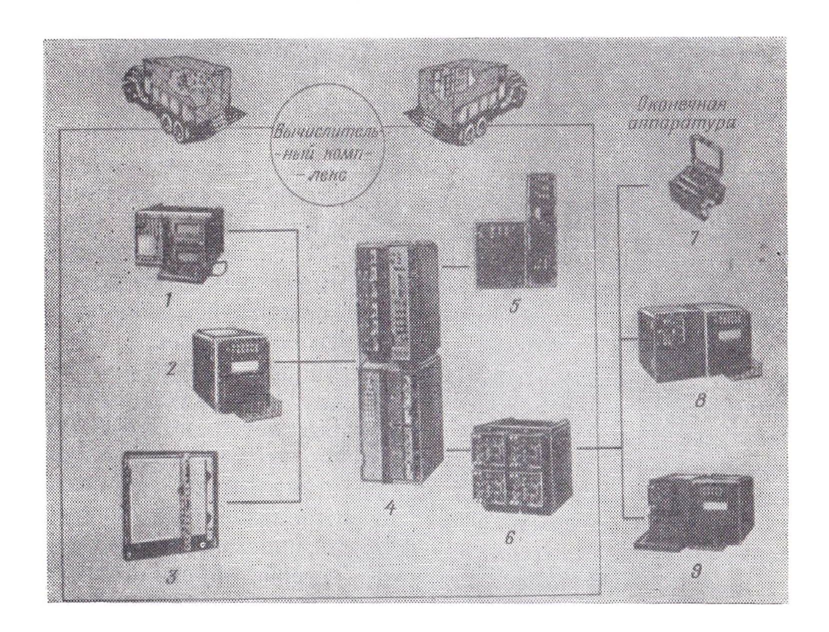


Рис. 9. Оборудование системы «Такфайр»:

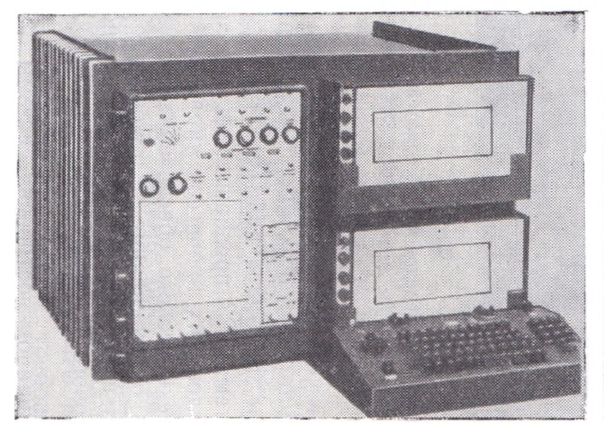
1 — пульт управления огнем; *2* — электронное печатающее устройство; *3* — планшет; *4* — ЭВМ; *5* — блоки внешнего ЗУ; *6* — аппаратура сопряжения; *7* — устройство ввода сообщений для передового наблюдателя; *8* — оконечное устройство пункта управления огнем батареи; *9* — устройство ввода—вывода нестандартных сообщений

В основу комплектации центров и пунктов средствами вычислительной техники положен модульный принцип, согласно которому в системе используется ограниченное число унифицированных блоков (модулей) и каждый элемент системы в зависимости от назначения и характера решаемых задач комплектуется соответствующим числом модулей. Для системы «Такфайр» предусмотрено девять модулей оборудования (рис. 9).

Решение оперативно-тактических задач производится с помощью ЭВМ *L3050* фирмы Литтон (военная спецификация *AN/GYK-12*). Внешними запоминающими устройствами служат магнитные барабаны и ленты. К машине придается также пульт управления, печатающее устройство, электромеханический планшет для отображения информации и устройство сопряжения, обеспечивающее обмен информацией по каналам связи между ЭВМ и аппаратурой оконечных пунктов. В качестве последних используются устройства ввода стандартных сообщений, которыми оснащаются передовые наблюдательные посты; устройства ввода — вывода нестандартных сообщений, придаваемые звеньям координации огня, офицерам связи, топографическим и метеорологическим отделениям и отдельным центрам управления, а также другая аппаратура.

При организации оконечных пунктов особое внимание обращается на компактность аппаратуры и простоту работы с ней. Вот, например, как происходит ввод нестандартного сообщения с пульта управления огнем (рис. 10). Оператор набирает команду, по которой на экране отображается требуемый формат кодограммы с соответствующими служебными признаками, а затем, пользуясь клавиатурой, вписывает текст сообщения в свободные места. Проверив правильность текста и исправив обнаруженные ошибки, оператор нажимает клавишу «Передача», после чего кодограмма автоматически посылается в вычислительный центр. Предусмотрена также возможность предварительного кодирования до 64 стандартных запросов, для посылки которых достаточно воспользоваться определенными переключателями. Подобный принцип используется и при передаче информации с устройства ввода стандартных сообщений (рис. 11), где выбор определенного сообщения осуществляется путем включения соответствующего тумблера.

Конструктивно ЭВМ и оконечная аппаратура выполняются в виде нескольких блоков стандартных размеров.



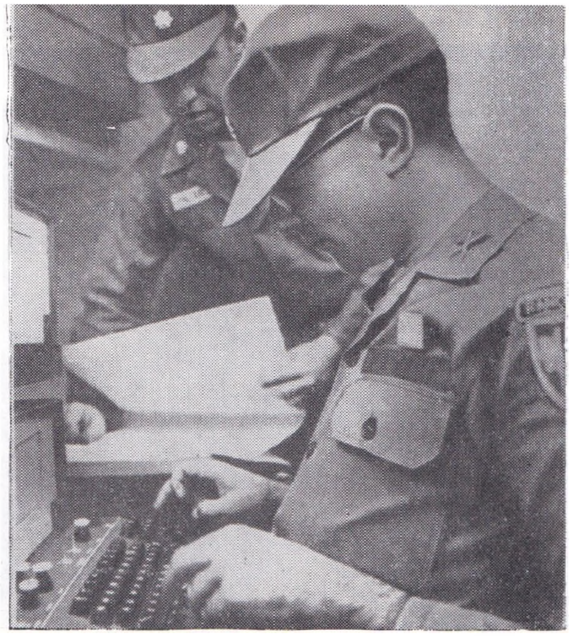


Рис. 10. Пульт управления огнем (слева) и оператор за пультом (справа)



Рис. 11. Передовой наблюдатель за передачей стан дартного сообщения

Все они транспортабельны, могут монтироваться в автомобилях или быстро устанавливаться в местах развертывания пунктов управления [16, 74].

Система *CS3* предназначена для автоматизации наиболее трудоемких процессов управления в области материально-технического обеспечения сухопутных войск, технического обслуживания и ремонта техники, учета и комплектования личного состава, транспортных перевозок, финансового довольствия и медицинского обслуживания.

Принципом построения системы *CS3* является создание вычислительных центров при основных тыловых органах управления на ТВД и соединение каждого центра с авто-

матизированными пунктами тыловых частей. Вычислительные центры в зависимости от условий и объема обрабатываемой информации могут быть стационарными или мобильными. Непосредственно в распоряжении командования тыла на ТВД находятся четыре стационарных вычислительных центра, а в корпусном звене управления оборудуются два мобильных вычислительных центра при командовании тыла корпуса и бригаде материально-технического обеспечения. Эти центры оснащаются ЭВМ средней производительности. К каждому из них могут подключаться несколько автоматизированных пунктов. Такие же центры предусмотрены и в дивизионном звене.

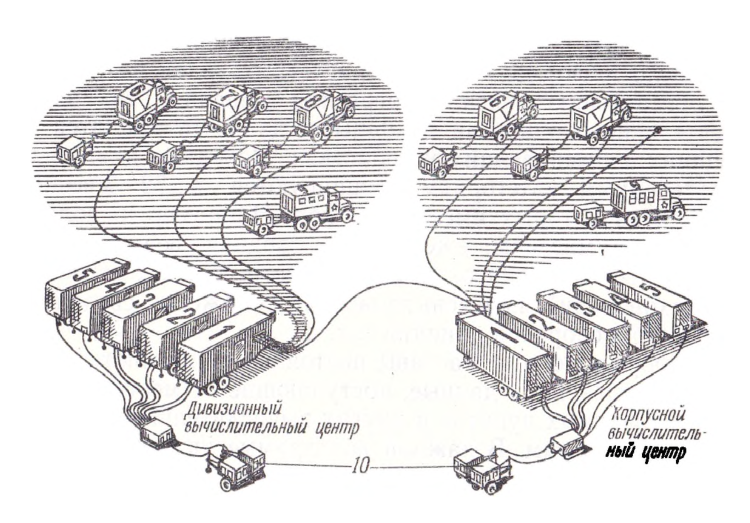


Рис. 12. Общий вид системы *CS3*, состоящей из дивизионного и корпусного вычислительных центров и связанных с ними местных автоматизированных пунктов:

1 — связная аппаратура; *2* — центральный процессор; *3* — внешние запоминающие устройства; *4* — аппаратура для подготовки и хранения данных; *5* — вспомогательное оборудование; *6* — высокоскоростная приемопередающая станция; *7* — низкоскоростная приемопередающая станция; *8* — станция для передачи запросов; *9* — вспомогательное оборудование; *10* — электростанция

Характерной особенностью системы *CS3* является использование для мобильных центров и пунктов серийных коммерческих ЭВМ третьего поколения. Такой подход оказался возможным потому, что специфика работы тыловых органов не предъявляет особенно жестких требований к техническим средствам обработки данных. За основу оборудования мобильных центров была взята вычислительная

машина *IBM 360/40,* и, таким образом, разработка образцов свелась к установке уже готовой ЭВМ в транспортных средствах. Это позволило изготовить оборудование мобильных вычислительных центров менее чем за год.

Общий вид системы, состоящей из дивизионного и корпусного вычислительных центров и связанных с ними местных автоматизированных пунктов, показан на рис. 12. Оборудование центра смонтировано в пяти фургонах, транспортируемых 5-тонными тягачами. В качестве местных автоматизированных пунктов выбраны высокоскоростная и низкоскоростная приемопередающие станции и станции для передачи запросов. Их оборудование смонтировано в кузовах автомобилей грузоподъемностью 2,5 т.

В каждом вычислительном центре решается определенное число информационных и расчетных задач по тыловому обеспечению войск. Программы решения этих задач вместе с необходимыми исходными данными хранятся во внешних запоминающих устройствах. Исходные данные по определенным категориям группируются в 72 массива, каждый из которых имеет свой код. Например, используются такие массивы: ежедневная сводная ведомость по личному составу, список потерь личного состава, регистрация захоронений, перечень заявок на снабжение, сведения о военно-транспортной авиации и т. д.

Информационные массивы постоянно обновляются. Для этого используются данные, поступающие от местных автоматизированных пунктов и других вычислительных центров в виде кодограмм. В каждой кодограмме указываются категория срочности, вид информации, т. е. к какому массиву должны принадлежать данные, и другие вспомогательные сведения. Если кодограмма имеет высшую категорию срочности, то решение текущей задачи прерывается и поступившая кодограмма обрабатывается немедленно. Такая обработка называется обработкой в реальном масштабе времени. Основная масса кодограмм обрабатывается циклически и периодически. Циклической обработке подвергаются кодограммы, в которых содержатся данные, необходимые для составления ежедневных сводок. Между циклами обработки кодограммы накапливаются, сортируются и редактируются. Ошибки, обнаруженные в процессе редактирования, могут быть исправлены в самом вычислительном центре с помощью специальных программ или путем посылки запросов абонентам на повторную передачу кодограмм. К определенному времени включаются программы формирования массивов и составления сводок,

которые обеспечивают выдачу требуемых данных должностным лицам.

Копии всех ежедневных сводок хранятся во внешних запоминающих устройствах и используются для составления недельных, месячных, квартальных и годовых сводок и отчетов. Указанные выше режимы обработки (в реальном масштабе времени, циклические и периодические) позволяют регламентировать работу вычислительных центров и обеспечивают такой порядок работы, при котором достигается их оптимальная загрузка [15, 16].

Глава 3
СРЕДСТВА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

3.1. ТИПЫ СРЕДСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ АСУВ

Средства обработки информации

Основным средством обработки информации в АСУВ служат электронные вычислительные машины. Любая ЭВМ, как известно, имеет в своем составе арифметическое устройство, где выполняются арифметические и логические операции, запоминающее устройство, предназначенное для хранения программ и данных, устройство ввода — вывода информации, осуществляющее взаимосвязь машины с «внешним миром», и устройство управления, координирующее работу всех блоков. Собственно обработка информации происходит в центральном процессоре ЭВМ, включающем арифметическое устройство, оперативную (быстродействующую) память и устройство управления. Центральный процессор, являющийся основой любой ЭВМ, часто конструктивно оформляется в одной упаковке и поэтому все другие устройства, не входящие в его состав, называются периферийными.

На ранних этапах конкретный состав основных устройств существенно зависел от характера решаемых задач, среди которых выделяли две основные группы: расчетные и информационные. Для решения первых требовались машины с более высоким быстродействием, а для вторых — с большим объемом памяти и возможностью выполнения широкого набора логических операций. Поскольку при управлении войсками решаются как расчетные, так и информационные задачи, то в одно время считалось, что в АСУВ должны использоваться специализированные ЭВМ, рассчитанные на конкретный характер решаемых задач. С появлением ЭВМ третьего поколения, быстродействие и емкость памяти которых значительно повысились, различие между расчетными и информационными машинами стало малозаметным, благодаря чему возникла принципиальная

возможность использования в АСУВ универсальных ЭВМ общего назначения.

В зависимости от объема информации, обрабатываемой тем или иным органом управления, требуется применять ЭВМ разной производительности. Последняя оценивается по реальному быстродействию ЭВМ при решении конкретных задач и существенно зависит от характеристик центрального процессора. Это позволяет во многих случаях получать требующуюся производительность лишь за счет центрального процессора, оставляя неизменной номенклатуру периферийного оборудования. Подобный принцип реализуется в семействах, или сериях ЭВМ, среди которых нашли широкое применение в АСУВ серии 360 (фирмы *IBM*), 3000 (фирмы Барроуз), Спектра 70 (фирмы *RCA*), 300 и 3000 (фирмы Литтон), 6000 (фирмы Ханиуэлл). В каждой серии имеется ряд центральных процессоров, перекрывающих диапазон быстродействия от десятков тысяч до миллионов операций в секунду. Теперь заказчик может, исходя из обеспечения нужной ему производительности, выбрать соответствующий тип центрального процессора, а при необходимости дальнейшего увеличения ее — использовать два или несколько параллельно работающих процессоров. Кроме того, переход к блочной конструкции запоминающих устройств позволил изменять емкость оперативной и внешней памяти и также приспосабливать ее к требованиям заказчика.

В настоящее время производительность стала основным критерием для классификации ЭВМ. Исходя из этого критерия различают три основных класса ЭВМ: большие, средние и малые. Наиболее универсальным показателем для выделения в тот или иной класс служит стоимость ЭВМ, поскольку считается, что она в определенной степени отражает совокупность технических характеристик, влияющих на производительность. Согласно широко применяемой классификации фирмы Диболд [48] к классу средних относятся ЭВМ стоимостью от 300 до 1500 тыс. долларов, а стоимость малых и больших ЭВМ выходит соответственно за нижний и верхний пределы этого диапазона. Среди малых часто выделяют миниатюрные (мини) ЭВМ, а среди больших — сверхбольшие.

Большие ЭВМ имеют высокое быстродействие — несколько миллионов операций в секунду, а сверхбольшие — несколько десятков миллионов операций в секунду. В них, как правило, используется несколько центральных процессоров, они обладают также большой емкостью оператив-

ной и внешней памяти, разнообразным набором периферийных устройств. Средние ЭВМ имеют быстродействие порядка сотен тысяч операций в секунду и обычно уступают большим ЭВМ в емкости памяти. Быстродействие малых ЭВМ изменяется в широком диапазоне от десятков до сотен тысяч операций в секунду. Отличает их от средних ЭВМ малый объем внешней памяти и ограниченный состав периферийного оборудования.

Исходя из условий эксплуатации выделяют ЭВМ, предназначенные для установки на стационарные и подвижные объекты. На стационарных объектах используются ЭВМ разной производительности — от миниатюрных до сверхбольших, — а на подвижных — в основном малые и реже средние ЭВМ.

Первыми подвижными объектами, на которые устанавливались ЭВМ, были летательные аппараты и корабли. ЭВМ, устанавливаемые на борту этих объектов, получили название бортовых. В более широком значении этот термин применяется к классу миниатюрных специализированных ЭВМ, предназначенных для управления оружием и боевой техникой на подвижных объектах. В последнее время наблюдается тенденция использования для этих целей миниатюрных универсальных ЭВМ, близких по своим характеристикам к бортовым ЭВМ.

Однако для решения задач непосредственно по управлению войсками на поле боя требуются ЭВМ более высокой производительности. Подвижными объектами для них могут служить боевые машины пехоты, автомобили, самолеты, вертолеты, корабли или контейнеры для быстрой переброски в районы развертывания командных пунктов. Возможность огневого и радиоэлектронного воздействия противника, резкие перепады температуры и влажности, ударные нагрузки, внезапное сокращение обслуживающего персонала — вот условия, которые могут быть типичными для работы таких ЭВМ. И наряду с этим — необходимость быстрой обработки информации, поскольку боевая обстановка на поле боя отличается особым динамизмом. Подобные условия позволяют выделить особый класс войсковых ЭВМ, занимающий промежуточное положение между стационарными и бортовыми. С первыми их сближает универсальность, достаточно высокая производительность, сложность математического обеспечения, широкий комплекс разнообразных периферийных устройств и сравнительно большая емкость памяти. Вместе с тем такие ма-

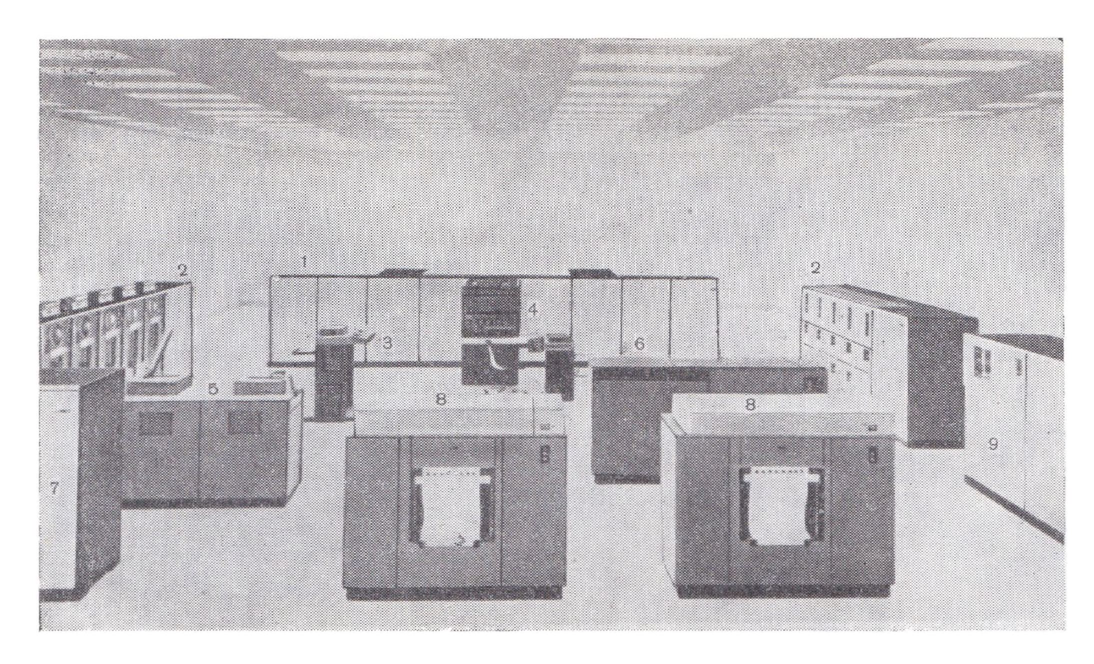


Рис. 13. Общий вид американской ЭВМ *IBM 360/50*, установленной на ряде стационарных командных пунктов:
1 — арифметическое устройство и оперативная память (центральный процессор); *2* — внешняя память на лентах и дисках; *3* — клавишный пульт для ввода—вывода данных; *4* — пульт управления; *5* — устройство ввода—вывода данных; *6* — высокоскоростное печатающее устройство; *7* — устройство управления; *8* — печатающие устройства; *9* — дополнительная память

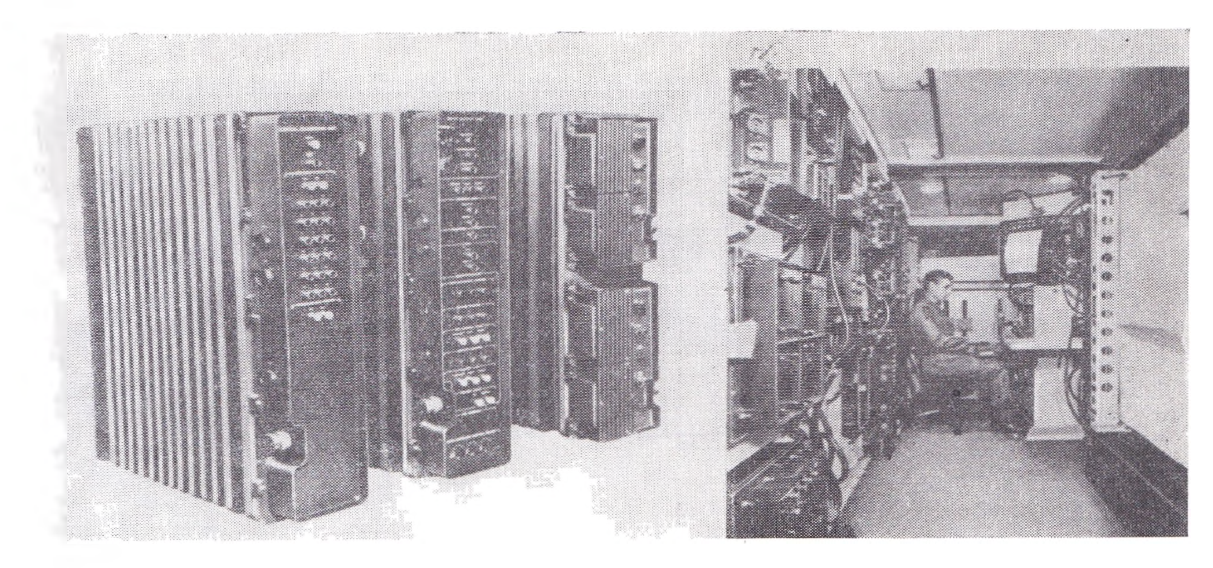


Рис. 14. Вид центрального процессора ЭВМ *AN/GYK-12* (слева) и внутреннего отсека автомобильного кузова, где она размещается (справа)

шины достаточно компактны, легки и надежны, что сближает их с бортовыми ЭВМ.

На рис. 13—15 показан вид некоторых ЭВМ, используемых в вооруженных силах США. Представителем стационарных машин общего назначения является ЭВМ *IBM 360/50* (рис. 13), установленная в командном центре вооруженных сил и в штабах ряда командований стратегического звена управления. Она обладает быстродействием около

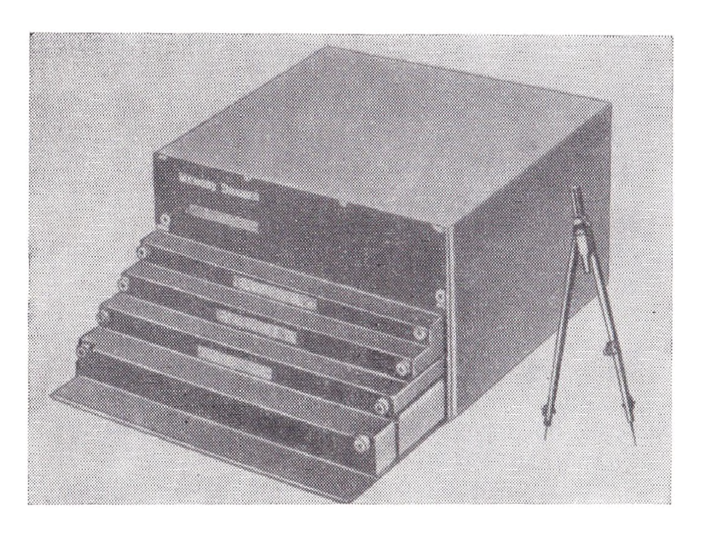


Рис. 15. Американская бортовая ЭВМ *L304*, применяемая в системах навигации и управления бортовым вооружением самолетов ВВС США и Канады

250 тыс. операций в секунду и по производительности относится к среднему классу. На рис. 14 показан центральный процессор ЭВМ *AN/GYK-12* фирмы Литтон и внутренний вид автомобильного кузова, где она размещается. Эта машина, предназначенная для применения в АСУВ сухопутных войск, имеет быстродействие немногим менее 300 тыс. операций в секунду, весит около 200 *кг* и может быть отнесена к классу войсковых ЭВМ. Примером миниатюрной универсальной машины, нашедшей применение в системах навигации и управления бортовым вооружением самолетов ВВС США и Канады, является ЭВМ *L304* (рис. 15). Она имеет быстродействие порядка 250 тыс. операций в секунду, занимает объем около 8,5 $дм^3$ и имеет вес 12 кг.

Средства хранения информации

ЭВМ обрабатывает информацию в дискретной (цифровой) форме. Любой информационный символ представляется набором двух цифр: 0 и 1. В такой двоичной системе счисления наименьшей единицей служит двоичный разряд, называемый битом. В машинах третьего поколения основной единицей информации стал байт, состоящий из восьми бит и соответствующий одному обычному символу (знаку). На странице машинописного текста содержится информация объемом около 2 тыс. байт. Несколько байтов образуют машинное слово.

Для хранения дискретной информации применяются специальные запоминающие устройства (ЗУ), являющиеся неотъемлемой частью любой ЭВМ. ЗУ классифицируют прежде всего по времени, которое требуется для извлечения необходимой информации.

Самые быстродействующие ЗУ служат для организации оперативной памяти. Они обеспечивают запись и считывание информации за десятые доли микросекунды. Среди них наиболее широкое распространение получили ЗУ на ферритовых сердечниках. Каждый сердечник служит для хранения одного бита информации. Конструктивно ферритовые ЗУ оформляются в виде куба, емкость которого обычно составляет 4096 машинных слова. За счет выбора соответствующего количества кубов можно изменять емкость оперативной памяти в достаточно широких пределах. Емкость оперативной памяти в лучших образцах современных ЭВМ достигает десятка миллиона байт.

ЗУ, применяемые во внешней памяти ЭВМ, работают более медленно: время обращения к содержащейся в них информации, может достигать нескольких секунд и даже минут, зато по емкости они в десятки раз превосходят оперативные ЗУ. Наиболее широкое применение в АСУВ нашли ЗУ, использующие принцип магнитной записи на поверхностях со специальным покрытием Каждый элементарный участок такой поверхности хранит один бит информации, считывание которого происходит путем перемещения поверхности относительно неподвижных магнитных головок. Все эти ЗУ являются электромеханическими, чем обусловлена их инерционность.

Различают четыре основных типа подобных ЗУ: магнитные ленты, барабаны, диски и карты.

Информация на магнитную ленту записывается последовательно байт за байтом. Емкость каждой ленты зави-

сит от ее длины и в принципе может быть очень большой, но при этом возрастает время поиска информации. В современных ЗУ используются отрезки лент длиною до 730 м, которые хранятся в кассетах (рис. 16). На таком отрезке содержится информация объемом около 40 млн. байт, а среднее время поиска нужных данных занимает порядка минуты. Используя достаточно большое число кассет, можно обеспечить практически неограниченную емкость одного блока ЗУ, однако в этом случае выбор нужной кассеты и ее установка производятся вручную, что занимает много времени. Обычно там, где нужно обеспечить весьма большую емкость внешней памяти, используют несколько блоков. На рис. 17 показан зал внешних ЗУ командного центра вооруженных сил США, общая емкость которых составляет несколько миллиардов байт.

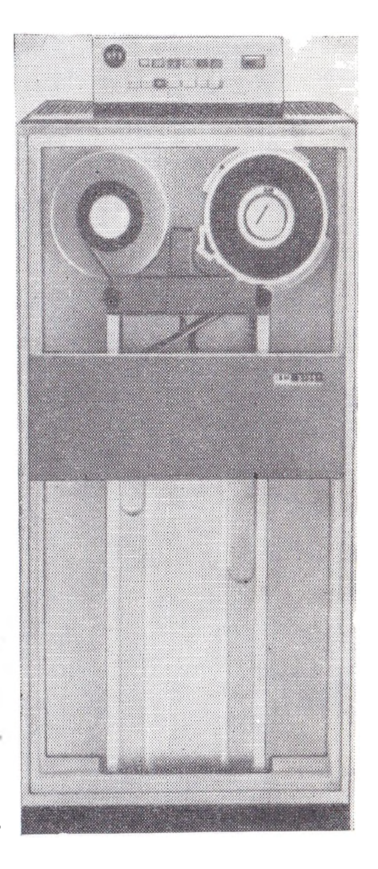


Рис. 16. Запоминающее устройство на магнитной ленте *IBM 2420*. Емкость одной ленты 40 млн. байт

Магнитные барабаны представляют собой металлические цилиндры, вращающиеся со скоростью несколько тысяч оборотов в минуту. Информация располагается на поверхности барабана по концентрическим окружностям, называемым дорожками. Каждой дорожке (или группе дорожек) соответствуют свои записывающая и считывающая головки, располагаемые по образующей цилиндра. Время поиска информации определяется временем подвода определенного участка поверхности барабана к магнитной головке и, как правило, составляет несколько десятков миллисекунд. Емкость самого крупного барабана, изготовленного фирмой *IBM*, составляет 100 млн. байт. Внешний вид типичного ЗУ на магнитном барабане показан на рис. 18.

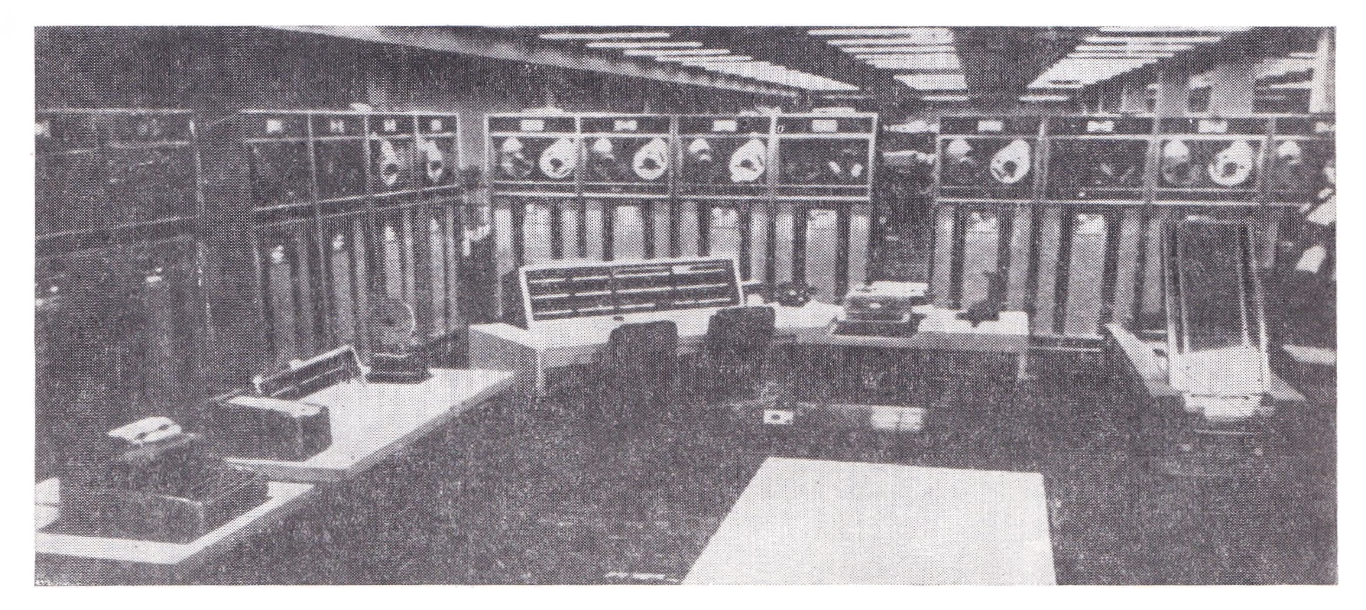


Рис. 17. Зал внешних запоминающих устройств в командном центре вооруженных сил США

Магнитные диски напоминают обычные грампластинки. Они представляют собой круглые плоские диски, покрытые ферромагнитным составом и вращающиеся с большой скоростью вокруг вертикальной оси. Современная дисковая память оформляется в виде пакета из нескольких дисков, расположенных на одном валу. На рис. 19 показан блок

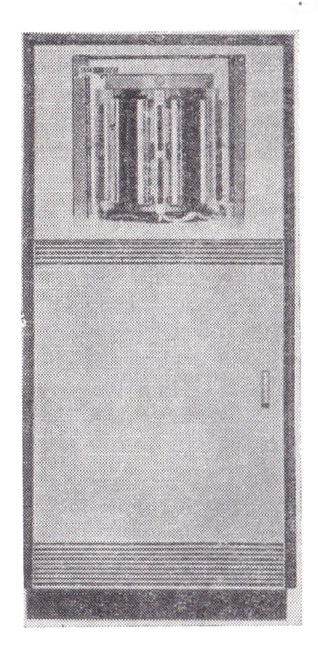


Рис. 18. Запоминающее устройство на магнитном барабане *IBM 2301*. Емкость барабана составляет 50 млн. байт

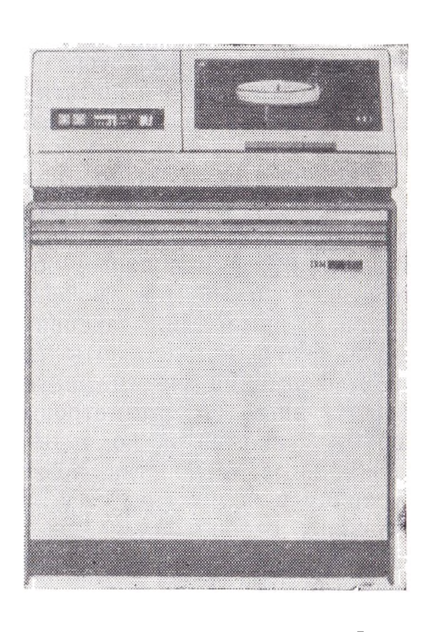


Рис. 19. Запоминающее устройство на магнитных дисках *IBM 2311*. Емкость сменного пакета дисков составляет 25 млн. байт

памяти, содержащий пакет из пяти дисков. Общая емкость пакета составляет около 25 млн. байт, а время выборки информации — немногим менее 100 мс. Так же как и кассеты магнитных лент, пакеты дисков могут заменяться, благодаря чему общая емкость дисковой памяти достигает миллиарда байт.

Магнитные карты — это небольшие отрезки магнитных лент, хранящиеся в виде пачек. На каждой карте содержится информация, равная емкости одной дорожки барабана. При необходимости записи или считывания информации нужная карта автоматически выбирается из пачки,

наматывается на барабан, а затем запись или считывание происходит так же, как и на магнитном барабане. Этот вид ЗУ может обеспечивать практически неограниченную емкость внешней памяти.

Сравнительная оценка рассмотренных типов внешних ЗУ показывает, что самыми быстродействующими из них являются магнитные барабаны, но они обладают наименьшей емкостью и являются самыми дорогими. Наиболее медленные ЗУ — магнитные карты и ленты, но они самые дешевые и способны обеспечить практически неограниченную емкость внешней памяти ЭВМ. Диски занимают промежуточное положение по быстродействию, емкости и стоимости.

Несмотря на большие возможности современных ЗУ, применяемых в составе ЭВМ, значительную часть информации на командных пунктах и в штабах целесообразно хранить не на машинных носителях, а в виде обычных текстовых документов, графиков, таблиц и карт. Основными средствами для хранения такой информации служат микропленки и микрокарты (микрофиши). В первом случае информация фотографируется на микропленку и хранится в виде тридцатиметровых роликовых фильмов, способных «запомнить» до 4 тыс. страниц текста. Созданы специальные устройства, позволяющие отыскать нужную страницу в ролике не более чем за 10 с, при этом текст страницы отображается на экране электронно-лучевой трубки и с него при необходимости может быть снята копия на бумагу.

Микрокарты представляют собой небольшой прямоугольник фотопленки, на котором сфотографировано до 100 страниц текста. Поиск нужной микрокарты производится автоматически и занимает очень небольшое время. Например, в одном из устройств, хранящем 200 тыс. микрокарт, выбор карты осуществляется за 6 с. Такое количество микрокарт занимает объем менее 2 м^3, а содержащаяся на них информация эквивалентна 40 тыс. томов по 500 страниц каждый.

Средства ввода — вывода информации

Эти средства объединяют разнообразные устройства ввода — вывода (УВВ), осуществляющие связь между человеком и вычислительной машиной, и поэтому нередко называются средствами общения человека с ЭВМ. По выполняемым функциям УВВ можно разбить на пять основ-

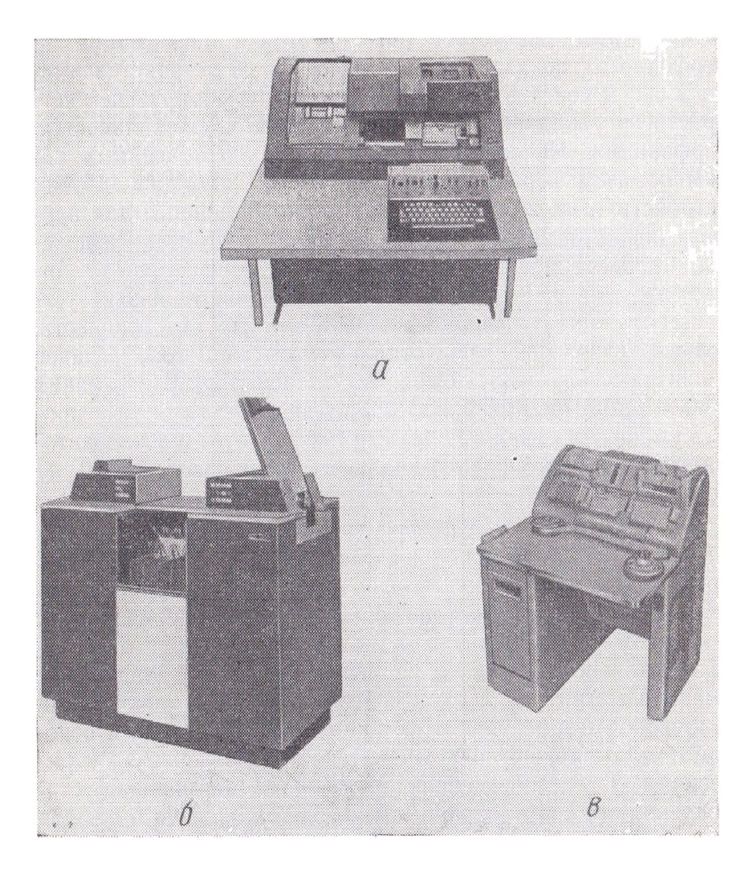


Рис. 20. Средства подготовки информации:

а — устройство подготовки информации на перфокартах; *б* — устройство для ввода—вывода информации на перфокарты; *в* — устройство для переноса информации с перфолент на перфокарты

ных групп, границы между которыми являются довольно условными.

Средства подготовки информации объединяют ряд электромеханических устройств, предназначенных для преобразования исходной информации в дискретную форму, записи ее на промежуточный носитель, последующего ввода в ЭВМ, а также выполнения обратных преобразований информации при выводе. В качестве промежуточных носителей наиболее широкое применение нашли перфокарты, перфоленты, магнитные ленты и диски.

Типичный вид устройства подготовки информации на перфокартах показан на рис. 20, *а*. Такие устройства имеют в своем составе клавишный пульт, перфорирующее устройство и различные средства контроля за правильностью перфорации. Непосредственный ввод подготовленных таким образом перфокарт происходит с помощью других устройств (рис. 20, *б*), служащих одновременно и для перфорации карт при выводе информации из ЭВМ. Разделение процесса подготовки и непосредственного ввода информации не только по времени, но и по отдельным устройствам имеет ряд эксплуатационных преимуществ, поскольку позволяет подготавливать информацию заранее в пунктах, отдаленных от места установки ЭВМ. На таких пунктах информация может записываться и на другие промежуточные носители, например перфоленты, а затем автоматически с помощью специальных устройств (рис. 20, *в*) переноситься на перфокарты.

Устройства непосредственного ввода — вывода информации обеспечивают автоматическое преобразование исходной информации в целях приведения ее к виду, удобному для непосредственного восприятия как человеком, так и техническим устройством. Сюда относятся прежде всего устройства оптического считывания, считывания магнитных знаков и ввода — вывода информации в звуковой форме. Принцип работы таких устройств основан на опознавании «образов», т. е. на получении электрическими методами аналога предъявляемого образа, установлении его соответствия одному из хранящихся в памяти эталонов и затем автоматическом кодировании опознанного образа.

Оптические считывающие устройства опознают знаки, напечатанные на бумаге. Считывание знаков происходит, как правило, целым массивом, содержащимся на странице формализованного документа, для чего используются обычные передающие телевизионные трубки типа видикон. На рис. 21, *а* показан вид оптического считывающего устройства, способного читать 700 документов в минуту. Информация на таких документах представляется цифрами, специальными символами и графическими метками. Устройства для считывания магнитных знаков отличаются от рассмотренных только способом восприятия исходной информации, которая записывается на документах специальными магнитными чернилами. Это создает некоторые дополнительные трудности при подготовке исходных доку-

ментов, зато сами считывающие устройства (рис. 21, *б*) оказываются намного проще.

Устройства ввода информации в звуковой форме основаны на анализе речевых элементов, из которых складываются слова и фразы. Такими наименьшими элементами служат фонемы — отдельные звуки человеческой речи.

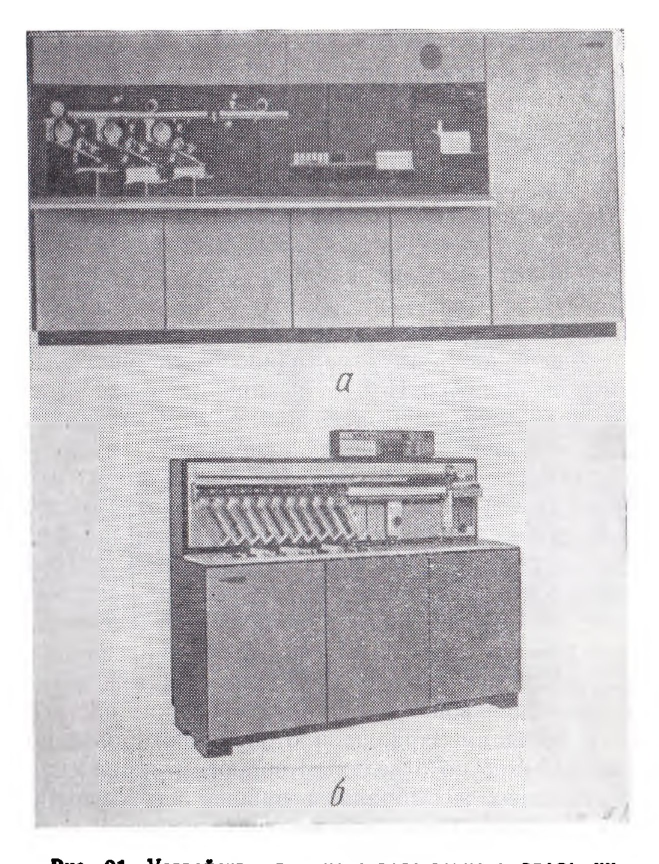


Рис. 21. Устройства для непосредственного ввода информации:

а — оптическое считывающее устройство; *б* — устройство для считывания магнитных знаков

Каждая фонема обладает своим амплитудно-частотным спектром, характеризующимся наличием определенных частот, где амплитуды звуковых колебаний дают относительные максимумы. Эти области называются формантами. Например, звук «а» имеет форманты в области 750,

1200 и 2200 Гц, а в акустическом спектре другого звука формантные области будут иными. Задача устройств, опознающих человеческий голос, заключается в том, чтобы расчленить слово на фонемы, выявить форманты каждого звука, сравнить их с эталонными и затем «понять» слово. Как видно, задача синтеза речи является очень сложной, поэтому такие устройства находятся пока в состоянии экспериментальных разработок и в АСУВ не применяются.

Некоторое распространение находят образцы устройств, предназначенные для вывода данных в звуковой форме. В этих устройствах используются два принципа: предварительная запись слов на фотопленку или магнитный барабан с последующей компоновкой и воспроизведением речи и синтез слов из отдельных фонем. При первом методе число слов ограничивается несколькими сотнями, а при втором — практически неограниченно.

К устройствам непосредственного вывода информации относятся также устройства отображения, поскольку они выдают информацию в форме, наиболее удобной для человеческого восприятия. Исходя из принципа использования и характера отображаемой информации выделяют устройства коллективного и индивидуального пользования. Представителями первых являются большие экраны и табло (рис. 22). Большие экраны устанавливаются обычно на стационарных командных пунктах АСУВ и предназначаются для отображения информации высшему руководству данного звена управления. На них отображается боевая обстановка в тех или иных районах боевых действий: положение войск, характер боевых действий, направления ударов, основные цели, подлежащие уничтожению, маршруты движения войск и т. д. Табло служат часто дополнением к большим экранам и отображают более подробную информацию по отдельным вопросам, например, о силах и средствах в выбранном районе, их возможностях, наличии резервов, укомплектованности частей и пр. Отличительной особенностью табло является отображение статической информации в виде таблиц или отдельных надписей, что предъявляет менее жесткие требования к их быстродействию.

Индивидуальные устройства отображения, часто называемые дисплеями, выполняются на электронно-лучевых трубках. Наиболее простые из них служат для ввода и вывода алфавитно-цифровой информации (рис. 23, *а*) и используются главным образом на оконечных пунктах. Более сложные устройства (рис. 23, *б*) позволяют отобра-

жать графическую информацию и имеют ряд дополнительных приспособлений, обеспечивающих ввод графической информации в ЭВМ. Разработанные для этой цели устройства типа световое перо, электронный карандаш и звуковое перо обеспечивают автоматическое определение местоположения точки соприкосновения пера с поверхностью, на которой отображается информация.



Рис. 22. Устройства отображения коллективного пользования типа большой экран (слева) и табло (справа) на командном пункте ПВО «Норад»

Графическая информация наносится световым пером на экран электронно-лучевой трубки, электронным карандашом — на специальный планшет, материал которого изменяет свои электрические характеристики, а звуковым пером, генерирующим низкочастотные колебания, — на планшет, по краям которого установлены микрофоны. Координаты точек, определенные относительно краев экрана или планшета, передаются в ЭВМ, где обработка графической информации происходит уже в дискретной форме.

Широкое распространение индивидуальных устройств отображения в АСУВ обусловлено их быстродействием, хорошей надежностью, бесшумностью работы и рядом эксплуатационных удобств. Однако они не обладают воз-



Рис. 23. Индивидуальные устройства отображения (дисплеи):
а — устройство для отображения алфавитно-цифровой информации: *б* — устройство для отображения графической информации

можностью документирования информации, поэтому их необходимо применять в комплексе с другими устройствами.

Средства документирования информации позволяют получать печатные копии данных, выводимых из

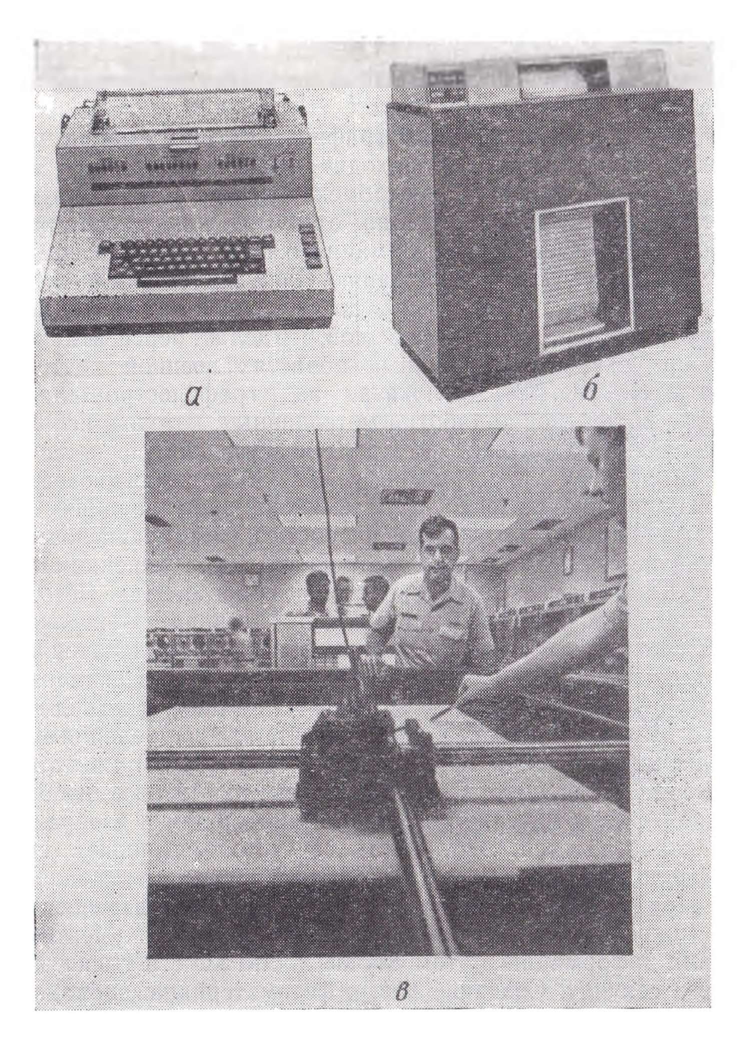


Рис. 24. Средства документирования информации:
а — электрическая пишущая машинка; *б* — печатающее устройство; *в* — графопостроитель

ЭВМ. Для изготовления текстовых документов наиболее широко применяются печатающие устройства. Среди них хорошо известные телетайпы и печатающие машинки (рис. 24, *а*), обеспечивающие последовательную печать символов, а также построчно-печатающие устройства (рис. 24, *б*), в которых печать информации происходит

сразу целой строкой или группами строк. Быстродействие последних в десятки раз выше и достигает нескольких тысяч строк в минуту.

Для документирования графической информации широкое распространение находят графопостроители. Эти медленнодействующие электромеханические устройства могут работать непосредственно от ЭВМ или автономных блоков, где хранится информация о координатах и символах, подлежащих вычерчиванию. Громоздкость и инерционность графопостроителей в достаточной степени компенсируется простотой и дешевизной, что делает перспективным их применение в различных областях военной деятельности. На рис. 24, *в* показан вид графопостроителя в одном из центров обработки метеоданных, который используется для подготовки метеорологических карт.

Широкое распространение в АСУВ устройств отображения остро поставило проблему документирования информации с более высокой скоростью, чем могут обеспечить электромеханические устройства. Для решения этой проблемы используются в настоящее время два метода: непосредственная печать символов с экрана электроннолучевой трубки и микрофильмирование. Первый метод основывается на способности ряда материалов изменять электрические свойства в зависимости от величины светового воздействия на них. В результате экспонирования изображения с экрана электронно-лучевой трубки на таком материале получается электростатическая запись изображения. Затем материал опыляется красителем и изображение закрепляется. Этот метод печати обеспечивает скорость до семи тысяч знаков в секунду.

При втором методе информация с экрана переносится на микрофильмы или микрокарты. Скорость документирования информации в этом случае достигает ста тысяч знаков в секунду. Создание новых фотоматериалов, обладающих высокой разрешающей способностью, а также их низкая стоимость по сравнению со специальной электростатической бумагой обусловливает все большее распространение микрофильмирования как средства вывода больших объемов информации из ЭВМ.

Специализированные средства ввода—вывода представляют класс устройств, предназначенных для посылки формализованных запросов, ввода информации с датчиков и индикаторов, передачи стандартных ответов и другой специализированной информации небольшого объема. Простота конструкции и обслуживания, до-

пускающая работу малоквалифицированного персонала, делает перспективным использование подобных устройств в низовых звеньях АСУВ. Вид одного из таких устройств, применяемых в системе «Такфайр» для посылки стандартных сообщений с передовых наблюдательных постов, показан на рис. 25.

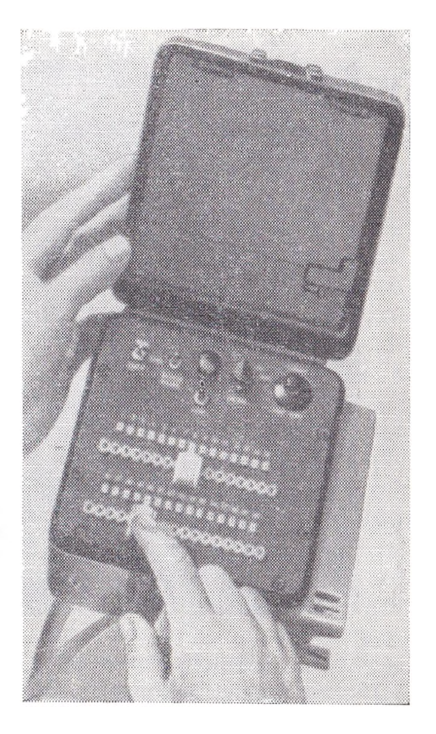


Рис. 25. Устройство ввода стандартных сообщений

Сложные системы для дистанционного ввода—вывода информации служат в основном для организации оконечных пунктов и представляют комплекс разнообразных технических средств. Примером этих систем могут служить автоматизированные рабочие места (АРМ) офицеров-операторов, применяемые в различных органах управления АСУВ. Состав технических средств АРМ определяется функциональными обязанностями офицера и, как правило, включает индивидуальное устройство для отображения элементов боевой обстановки, текста и справочных данных, устройство типа световое перо для нанесения графической информации на экран, устройство для документирования информации и посылки запросов, а также различные средства связи. Использование АРМ, состав оборудования которого показан на рис. 26, позволяет существенным образом облегчить сложный и трудоемкий процесс составления рабочих карт боевой обстановки. Работая над картой, офицер-оператор имеет возможность обращаться к источникам информации, принимать от них сообщения, выбирать интересующие его сведения, уточнять их, стирать ненужные символы, а после отработки карты оформлять ее в виде документа и передавать наиболее важные элементы для отображения на большом экране.

Опыт применения в АСУВ рассмотренных технических средств показывает, что только небольшая их часть имеет ярко выраженную специфику. К ним относятся некоторые войсковые и бортовые ЭВМ, большие экраны, АРМ и специализированные УВВ. Все остальные являются средства-

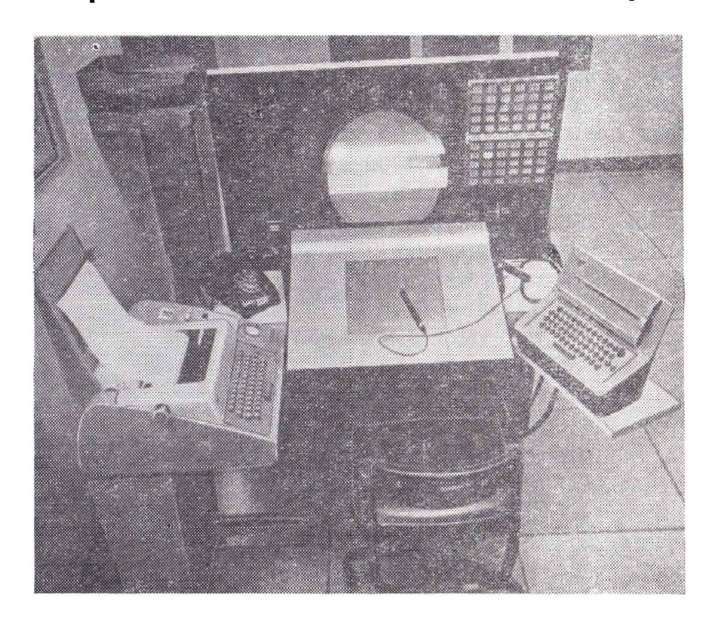


Рис. 26. Автоматизированное рабочее место

ми общего назначения и используются в различных областях деятельности. Практика применения в АСУВ серийных промышленных образцов делает необходимым тщательное обоснование выбора техники общего назначения, удовлетворяющей военным требованиям. Последние определяются прежде всего областями применения, характером решаемых задач и условиями эксплуатации.

3.2. ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИЧЕСКИМ СРЕДСТВАМ АСУВ

Исходя из особенностей работы командных пунктов и штабов стратегического звена управления, американские специалисты выделили четыре класса систем, предъявляющие разные требования к вычислительным машинам. Это системы боевого управления силами, большие и средние системы обеспечения работы штабов и системы для специ-

альных вычислений [50]. Примерами систем первого класса могут служить системы управления стратегическими наступательными и оборонительными силами, а второго класса — системы, обеспечивающие работу командного центра вооруженных сил США и штабов объединенных командований в зонах Европы, Атлантики и Тихого океана.

В зависимости от конкретных условий каждая из этих систем комплектуется одной или несколькими вычислительными машинами, емкость оперативной памяти которых должна составлять, как минимум, 500 тыс. байт. Общая емкость всех видов памяти вычислительных машин в системах первого и второго классов может достигать 3 млрд. байт, что соответствует объему информации, содержащейся на двух миллионах страниц машинописного текста. Потребность в такой памяти объясняется необходимостью решения разнообразных задач боевого управления (например, общий объем действующих программ в автоматизированной системе управления силами САК превышает 3 млн. команд) и обработки большого количества поступающих данных (считается, что в час наибольшей нагрузки в системы первого и второго классов может поступать 1000—2500 сообщений). Кроме того, здесь необходимо хранить различные планы, предусматривающие варианты действий применительно к складывающейся стратегической обстановке. Заранее созданные и заложенные в память машин массивы информации и программы выполнения различных расчетов являются как бы аккумулированным трудом и опытом многих высококвалифицированных военных специалистов, что должно обеспечивать требующееся качество принимаемых решений.

Примерами систем третьего класса могут служить системы, обеспечивающие деятельность органов управления видов вооруженных сил, входящих в состав объединенных командований. К ним предъявляются наименее жесткие требования: общая емкость памяти вычислительных машин ограничивается 200 млн. байтами. Объясняется это тем, что командования видов вооруженных сил в зонах являются промежуточной инстанцией между объединенными командованиями, министерствами видов вооруженных сил и боеготовыми силами, а потому число самостоятельно решаемых ими задач относительно невелико.

Системы для специальных вычислений предназначены для использования в центрах противокосмической и противоракетной обороны, в метеорологических и других центрах. Здесь для обработки поступающих данных и расчета

различных параметров необходимы машины с очень высоким быстродействием. В то же время длительное хранение таких данных не требуется, а поэтому очень большая емкость памяти вычислительных машин не нужна. Считается, что в системах этого класса достаточно обеспечить общую емкость памяти вычислительных машин в пределах 200—600 млн. байт.

В требованиях, выработанных американскими специалистами, отсутствуют прямые указания на то, каким быстродействием должны обладать ЭВМ, предназначенные для использования в рассмотренных системах. Поскольку быстрота получения оперативной информации зависит от ряда факторов (быстродействия ЭВМ, организации вычислительного процесса, структуры программ решаемых задач, скорости работы устройств ввода, вывода и передачи данных, принятого порядка обслуживания должностных лиц и т. д.), считается достаточным ограничиться лишь указанием на тип ЭВМ, который может быть использован. В настоящее время при реализации программы переоснащения вычислительными машинами командных пунктов и штабов стратегического звена в качестве конкретного типа машины для систем боевого управления силами выбрана ЭВМ *H6080*, обладающая быстродействием порядка 2 млн. операций в секунду, а для двух штабных систем — ЭВМ *H6050* и *H6030* с быстродействием 900 и 500 тыс. операций в секунду соответственно.

В системах для специальных вычислений могут быть использованы различные ЭВМ с быстродействием, как правило, не менее несколько миллионов операций в секунду. В последнее время намечается тенденция использования в этой области так называемых сверхбольших ЭВМ с быстродействием в несколько десятков и даже сотен миллионов операций в секунду. Причина этого — высокая производительность и экономичность подобных машин. Согласно, например, исследованию института анализа оборонных проблем США для обработки метеорологической информации, требующейся командованиям и другим организациям министерства обороны, в 1975 г. необходимо иметь 125 ЭВМ типа *CDC 6600* (быстродействие 3,5 млн. операций в секунду) или четыре ЭВМ типа «Иллиак IV».

ЭВМ, используемые в системах стратегического звена управления, должны также удовлетворять ряду общих требований: сопрягаться с каналами связи, осуществлять дистанционный ввод и вывод информации на оконечные устройства (каждая машина должна обладать возможностью

подключения до 100 таких устройств), обеспечивать междумашинный обмен информацией и возможность подключения дополнительных устройств, быть надежными и обладать достаточно высокими эксплуатационными характеристиками.

Если сравнить выработанные требования (табл. 4) с ранее сделанной классификацией ЭВМ, то окажется, что в системах боевого управления силами и в больших системах обеспечения работы штабов должны использоваться большие ЭВМ, в средних системах обеспечения работы штабов — средние ЭВМ, а в системах для специальных вычислений — сверхбольшие. Кроме того, во всех этих системах могут использоваться малые ЭВМ общего назначения для производства вспомогательных расчетов и управления различными техническими средствами.

Таблица 4

Требования к характеристикам ЭВМ, предъявляемые системами управления стратегического звена ВС США

Типы систем управления	Требования к характеристикам ЭВМ			Стоимость, млн. долларов
	Быстродействие, млн. операций в секунду	Емкость оперативной памяти, млн. байт	Общая емкость памяти, млрд. байт	
Системы боевого управления силами	2,0	1,0	3,1	2,0
Большие системы обеспечения работы штабов	0,9	1,0	3,1	1,0
Средние системы обеспечения работы штабов	0,25	0,5	0,2	0,7
Системы для специальных вычислений	10—20	0,5	0,6	10—20

Рассмотренные ЭВМ являются стационарными, и, следовательно, для них могут быть созданы благоприятные условия работы. В более трудных условиях работают ЭВМ в АСУВ оперативно-тактического звена, выделенные в специальный класс войсковых ЭВМ. Общими требованиями для них являются:

— возможность обработки информации в реальном масштабе времени;

— высокая надежность, вибростойкость, способность к ударным нагрузкам и к работе в жестких климатических условиях;

— малые габариты и вес, модульность конструкции;
— радиационная стойкость и имитостойкость;
— минимальное количество обслуживающего персонала и простота обслуживания;
— небольшая потребляемая мощность.

Требования к техническим характеристикам ЭВМ, предназначенным для использования в оперативно-тактическом звене управления, также зависят от ранга органа управления. Здесь, однако, решающее значение приобретает однотипность оборудования. Так, например, в американской автоматизированной системе управления боевыми действиями сухопутных войск центры обработки данных, создаваемые при штабах полевой армии, корпусов и дивизий, комплектуются одинаковыми средствами. В их составе предусматривается использование одной или нескольких ЭВМ с быстродействием порядка 300 тыс. операций в секунду и емкостью оперативной памяти около 400 тыс. байт. Требования такого же порядка предъявляются и к характеристикам вычислительных машин, устанавливаемых на центрах управления тактической авиацией и в автоматизированной системе управления соединением кораблей.

Необходимая оперативность управления в этом звене достигается за счет того, что вычислительные машины рассчитаны на решение ограниченного перечня оперативно-тактических задач, постоянно хранящихся в памяти ЭВМ. Они могут решаться немедленно по запросу того или иного должностного лица. Общий объем памяти относительно невелик и не превышает нескольких десятков миллионов байт.

Условия работы ЭВМ, используемых в низовых звеньях и системах управления оружием, предъявляют еще более жесткие требования к надежности, габаритам, весу, диапазону рабочих температур, потребляемой мощности и радиационной стойкости оборудования. Работают с такими машинами лица, непосредственно выполняющие боевые задачи и в ряде случаев не обладающие специальными навыками, поэтому простота работы имеет первостепенное значение. Она достигается за счет простоты конструкции пультов управления, использования весьма ограниченного набора формализованных сообщений и решения ограниченного круга задач. Последние определяют требования к быстродействию ЭВМ, лежащие, как правило, в пределах от нескольких десятков до сотен тысяч операций в секунду, и к емкости оперативной памяти, не превышающей ста тысяч байт. Среднее время безотказной работы в лучших об-

разцах современных ЭВМ этого класса достигло нескольких тысяч часов, а вес снизился до нескольких десятков килограмм. Обобщенные требования к основным характеристикам войсковых и бортовых ЭВМ показаны в табл. 5.

Таблица 5

Требования к характеристикам войсковых и бортовых ЭВМ

Типы ЭВМ	Быстродействие, млн. операций в секунду	Емкость оперативной памяти, млн. байт	Общая емкость памяти, млрд. байт	Среднее время безотказной работы, тыс. ч	Вес, кг
Войсковые ЭВМ:					
для объединений и соединений . . .	0,5	0,5	0,1	1	500
для низовых звеньев	0,3	0,1	0,01	6	60
Бортовые ЭВМ в системах управления оружием и техникой	0,1	0,05	•	15	10

Из других средств вычислительной техники, для которых военные требования являются определяющими, можно выделить устройства отображения. Современный характер боевых операций, отличающийся частой сменой обстановки, скоротечностью событий, участием большого количества людей и техники, предъявляет жесткие требования к объему отображаемой информации и частоте ее обновления. Устройства отображения должны обеспечить небольшую задержку при показе требующихся данных, отображение символов различной конфигурации, их точное совмещение с картой обстановки, а также необходимые яркость, четкость и контрастность изображения. Площадь экранов должна быть достаточной для показа обстановки с различной степенью детализации и на стационарных командных пунктах может достигать нескольких десятков квадратных метров.

Среди многочисленных показателей, характеризующих эффективность устройств отображения, наиболее важным считается время. Если данные об обстановке, требующие принятия решения командиром, будут отображаться мед-

леннее, чем это необходимо для нормального хода процесса управления, то применять такие устройства не имеет смысла. Современные большие экраны обеспечивают задержку отображения от 10 до 40 с, но и такое время в некоторых случаях оказывается большим. Что же касается индивидуальных устройств отображения, непосредственно связанных с оператором, то их инерционность должна исчисляться долями секунды.

Другим важным оперативно-тактическим требованием является точность отображения. Точное совмещение элементов обстановки с картографическим фоном экрана необходимо для решения многих задач, поэтому устройство отображения должно обеспечить возможность уверенного использования полученных данных без дополнительного их уточнения. Понятно, что требования к точности больших экранов, с помощью которых производится качественная оценка обстановки, менее жесткие, чем к экранам меньшей площади или индивидуальным устройствам отображения, используемым для количественного анализа и оценки частной обстановки.

В современных штабах оперативно-тактического звена управления применяются обычно карты размером 2,5×1,25 м с таким расчетом, чтобы их можно было разместить на стене автомобильного кузова. Практически размеры экранов устройств отображения на подвижных командных пунктах значительно меньше. Это означает, что если в качестве картографического фона использовать карту масштаба 1 : 100 000 (обычный масштаб карты в корпусном звене), то смещение отображаемого символа на 1 см приведет к недопустимой для ряда случаев фактической ошибке в несколько километров. Таким образом, военная специфика требует применять устройства, обеспечивающие особенно высокую точность отображения: допустимое смещение символов от необходимого местоположения не должно превышать, как правило, одного процента относительно линейных размеров экрана.

Важным требованием является также полнота представления информации, определяющая необходимый набор символов (их число колеблется от 200 до 400) и объем представляемой информации. Последний зависит от площади экрана и в принципе может быть весьма большим, но при этом ухудшается восприятие информации оператором. В настоящее время считается достаточным, чтобы объем информации, отображаемый на экране, соответствовал странице машинописного текста — 2 тыс. знаков, на

табло — 800 знакам, а на больших экранах — 200 группам символов.

Для четкого представления такого объема информации достаточно разрешающей способности в 1000 строк, которую имеют обычные электронно-лучевые трубки, применяемые в современных устройствах отображения. Однако если на экране кроме алфавитно-цифровой представляется и графическая информация, то разрешающая способность устройств должна быть выше. Ее практическим верхним пределом считается разрешающая способность человеческого глаза, который может различать детали с четкостью, равной 2 тыс. оптических линий (4 тыс. телевизионных строк).

К числу важнейших требований относят также наглядность отображения, которая зависит прежде всего от таких технических характеристик, как яркость и контрастность. Эти характеристики должны выбираться с расчетом создания наиболее благоприятных условий для наблюдения. Известно, что недостаточные яркость и контрастность вызывают напряжение зрения оператора, не позволяют отыскивать мелкие детали и увеличивают число ошибок, а чрезмерные — утомляют и снижают чувствительность зрения. Считается, что при оптимальном уровне освещенности командных пунктов яркость изображения должна составлять 100—150 нт, а контрастность 1 : 30 (для сравнения можно указать, что яркость обычных телевизионных трубок составляет 70 нт, а контрастность 1 : 10). Кроме того, необходимая наглядность может быть достигнута за счет выделения важнейшей информации на общем фоне путем использования нескольких цветов, различных градаций яркости, изменения подсветки и т. д.

Требования к устройствам отображения некоторых типов приведены в табл. 6. Как и для вычислительных машин, эти требования исходят из существующих принципов использования вычислительной техники и современного характера решаемых ею задач. В будущем, однако, сами принципы и характер задач могут существенно измениться, что вызовет и изменение требований. Если, например, до настоящего времени основная цель автоматизации заключалась в том, чтобы повысить такие характеристики управления, как оперативность, гибкость, надежность и непрерывность, то в дальнейшем главное внимание сосредоточивается на повышении качества принимаемых решений при сохранении указанных характеристик. Это, в частности, потребует увеличения объема обрабатываемой ин-

формации и, следовательно, повышения производительности вычислительных машин. Подобное обстоятельство может привести к идее использования сверхбольших ЭВМ в системах для боевого управления силами и обеспечения работы крупных штабов.

Таблица 6

Современные требования к устройствам отображения военного назначения

Характеристики	Большие экраны	Устройства отображения для АРМ
Площадь экрана, м^2	До нескольких десятков	0,3—0,4
Яркость, нт	100	150
Разрешающая способность, строк	До 3000	2000
Задержка в отображении, с	10—15	Сотые доли
Точность, %	0,3—0,5	0,1
Среднее время безотказной работы, ч	200—500	До 1000

Точно так же большие экраны могут найти применение не только на стационарных, но и на подвижных командных пунктах, что предъявит к ним принципиально новые требования. Таким образом, данные табл. 4—6 следует рассматривать как ориентировочный, нижний предел, рассчитанный на современный уровень развития ЭВМ и устройств отображения. Что касается других средств вычислительной техники, в частности, различных устройств ввода—вывода, то требования к ним определяются конкретными условиями работы. Это в полной мере относится и к вычислительным машинам, применяемым для руководства повседневной деятельностью войск.

Глава 4
ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ОБЩЕГО И ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

4.1. ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ЗАТРАТ НА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНУЮ ТЕХНИКУ

Производство вычислительной техники в США стало одной из важнейших отраслей национальной экономики. К настоящему времени на средства вычислительной техники приходится примерно третья часть ежегодной продажи продукции радиоэлектроники, а последняя занимает в США четвертое место вслед за автомобильной, металлургической и нефтеперерабатывающей промышленностью. Несмотря на высокий объем производства и ярко выраженную специфику, вычислительная техника в США пока не выделяется в самостоятельную отрасль, чем объясняется большая противоречивость статистических данных, публикуемых как официальными правительственными органами, так и частными фирмами. Кроме того, еще отсутствуют общепринятые категории, по которым можно было бы объективно проанализировать тенденции ее развития. Поэтому в настоящей главе приводятся обобщенные данные, основанные на статистическом материале ряда литературных источников [17—24, 56—63].

Стоимость средств вычислительной техники, произведенных американскими фирмами в 1974 г. (без учета средств специального назначения, изготовленных по заказам военных ведомств), составила 12 млрд. долларов. К этой цифре нужно добавить 8—9 млрд. долларов, которыми оцениваются стоимость программ, поставляемых производителями оборудования и специализированными организациями; доходы фирм, занимающихся информационным обслуживанием; поставки вспомогательного оборудования и пр. Практически расходы пользователей еще больше. Считается, что на поставщиков приходится только 40% общих затрат, а 60% образуют внутренние расходы: оплата обслуживающего персонала и программистов, эксплуатационные расходы, содержание помещений и т. д.

По ориентировочной оценке, общие расходы на автоматизированную обработку данных в США приближаются

сейчас к 40 млрд. долларов и подсчитано, что при сохранении существующих темпов роста они к 1995 г. превысили бы валовой национальный продукт [18]. Таким образом, производство вычислительной техники в США постепенно приближается к пределу, определяемому экономическими возможностями американского общества, что особенно повышает значимость проблем, связанных с ее практическим использованием и исследованием дальнейших путей развития.

Рассмотрение общих тенденций развития вычислительной техники начнем с анализа распределения затрат между основными составляющими типичной системы автоматизированной обработки данных. Последняя представляет, по американским понятиям, организационное объединение людей, техники и математического обеспечения в целях автоматизированного решения задач в интересах пользователей и служит для обозначения любой организационной формы использования вычислительной техники: автоматизированных систем управления, информационных систем обеспечения руководства, информационно-вычислительных центров и пр. В дальнейшем для краткости будем пользоваться термином «вычислительная система».

Технические средства являются материальной базой вычислительной системы. С их помощью осуществляется сбор, передача, обработка и хранение требующихся данных. Математическое обеспечение, объединяющее программы различного назначения, позволяет перевести реальные процессы на язык математических формул, понятный машине, и установить последовательность работы технических средств, приводящую к конечному результату — решению заданной задачи. Люди—это технический персонал, обслуживающий технику: программисты, разрабатывающие математическое обеспечение, и специалисты по системному анализу, разрабатывающие основные концепции создания и организации работы вычислительной системы.

Распределение затрат между основными составляющими вычислительной системы показывает, что стоимость технических средств обычно не превышает 40%. Остальная часть затрат примерно поровну распределяется между операционной стоимостью, в которую включаются операционные расходы и оплата обслуживающего персонала, и стоимостью математического обеспечения, включающую закупку готовых программ, содержание штата программистов и специалистов по системному анализу. Таким обра-

зом, для того чтобы вычислительная система превратилась в «рабочий инструмент», пользователю необходимо затратить бо́льшую часть средств не на технику, а на обеспечение ее работы.

Опыт развития вычислительных систем в прошлом свидетельствует, что распределение стоимости между основными составляющими постепенно меняется в сторону снижения затрат на оборудование и операционные расходы и увеличения затрат на математическое обеспечение. Это объясняется несколькими причинами. Во-первых, благодаря непрерывному расширению производства и совершенствованию его технологии постоянно уменьшается стоимость технических средств. Например, решение одной и той же задачи на электронной вычислительной машине образца 1960 г. обходилось пользователю в 200 раз дороже, чем на современной машине. Во-вторых, внедрение и широкое распространение новой техники (например, замена в устройствах ввода — вывода традиционных перфокарт и перфолент магнитными лентами, обеспечивающими возможность многократной записи и стирания информации) позволяет резко снизить эксплуатационные расходы. В-третьих, значительное улучшение надежности, удобства эксплуатации, а также повышение степени «самообслуживания» технических средств (автоматический поиск неисправностей, самовосстановление и т. д.) позволяет увеличить количество техники, обслуживаемой одним оператором, и приводит к относительному уменьшению стоимости обслуживания.

В то же время увеличение затрат на математическое обеспечение вызывается расширением областей применения вычислительной техники и усложнением решаемых ею задач. Расширение областей применения вычислительной техники (а их известно сейчас около 2500 по сравнению с 300 в 1960 г.) приводит, с одной стороны, к расширению круга решаемых задач, что увеличивает потребность в программистах, а с другой — к необходимости выработки новых концепций использования вычислительной техники, что повышает роль специалистов по системному анализу.

Усложнение решаемых задач проявляется в том, что вычислительные системы, используемые ранее для производства в основном рутинных расчетов, стали применяться для решения задач проблемного характера, активно влияющих на процессы управления. Разработка математического обеспечения для таких задач требует использования программистов и математиков более высокой квалифика-

ции с неизбежным в этих случаях увеличением затрат на их подготовку и содержание.

Указанные тенденции иллюстрируются рис. 27, где показано предполагаемое изменение распределения затрат на вычислительную технику. Исходными данными для этих соотношений послужили прогнозы американских специалистов относительно ожидаемого объема ежегодной продажи

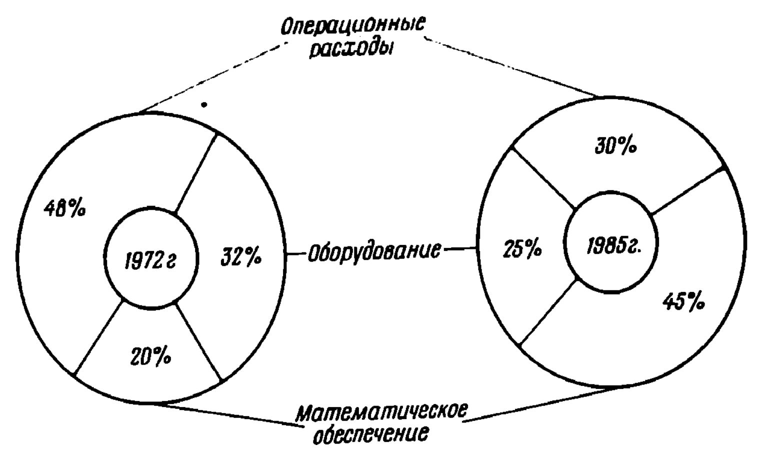


Рис. 27. Предполагаемое изменение в распределении затрат на вычислительную технику

технических средств [17, 18, 60], математического обеспечения [18] и данные опросов ведущих американских фирм [19]. Как видно, наиболее характерным для предстоящего десятилетия является увеличение затрат на математическое обеспечение, доля которых к 1985 г. повысится более чем в два раза, и снижение доли операционных расходов — в 1,6 раза.

Рассмотрим основные тенденции в распределении затрат внутри основных составляющих вычислительной техники.

Технические средства

Как было указано ранее, технические средства по своему функциональному назначению подразделяются на средства обработки, хранения и ввода — вывода информации, а по месту в вычислительной системе — на центральный процессор и периферийное оборудование.

Развитие вычислительной техники на ранних этапах было направлено в основном на увеличение скорости вы-

числений, а периферийному оборудованию отводили вспомогательную роль. На долю центрального процессора приходилось тогда 70% общей стоимости и поэтому его нередко отождествляли с самой вычислительной машиной.

Вместе с ростом скорости вычислений возрастал объем обрабатываемых данных, что делало необходимым увеличение емкости запоминающих устройств. Однако со временем возможности центрального процессора и внешних запоминающих устройств вошли в резкое противоречие с возможностями средств общения человека с техникой, которые уже не могли обеспечить ввод и вывод требуемых объемов информации. Поэтому со второй половины 60-х годов стало особенно быстро увеличиваться производство устройств ввода — вывода и повышаться их удельный вес в вычислительных системах (рис. 28).

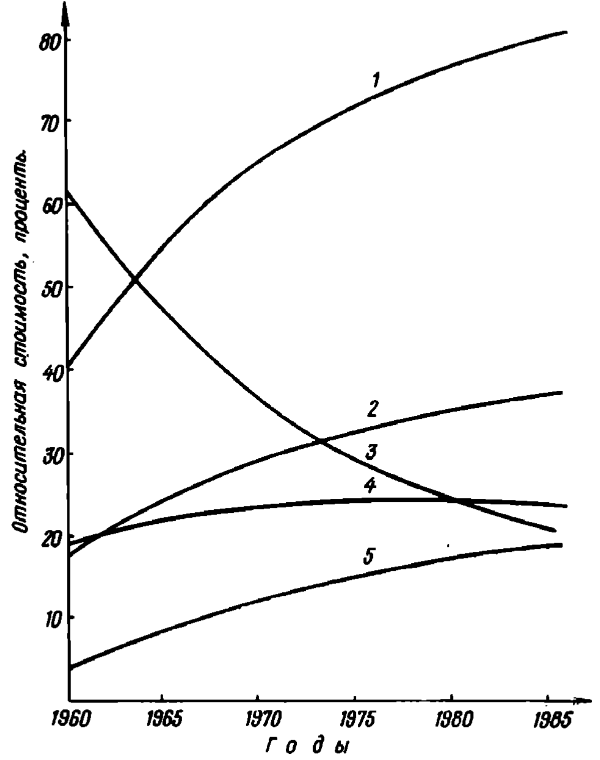


Рис. 28. Изменение соотношения между техническими средствами вычислительной системы:

1 — периферийное оборудование; 2 — устройство ввода—вывода и терминалы; 3 — центральный процессор; 4 — внешние запоминающие устройства; 5 — аппаратура передачи данных

Несмотря на некоторое улучшение характеристик традиционных устройств ввода — вывода и освоение производства устройств новых типов, обеспечивающих более эффективное взаимодействие человека с техникой, скорость их работы ограничивалась прежде всего человеческими возможностями. Выход заключался в том, чтобы увеличить количество устройств, работающих с одним центральным процессором, и таким образом распределить его вычислительные возможности между несколькими пользователями. Это сделало актуальной проблему дистанционного обслуживания пользователей и увеличило потребность в устройствах, обеспечивающих дистанционный ввод и вывод информации. Устройства ввода — вывода, сопрягаемые с каналами связи, получили название терминалов. Чтобы не загружать центральный процессор, функции управления работой терминалов были возложены на специальное устройство управления — мультиплексный канал, сводящий информацию из многих каналов связи в одну магистраль при вводе и распределяющий ее между каналами связи при выводе из центрального процессора.

С этого времени увеличение удельного веса периферийного оборудования стало происходить главным образом за счет устройств, обеспечивающих дистанционный ввод и вывод информации. К 1975 г. в типичной вычислительной системе удельный вес стоимости терминалов и другого оборудования, связанного с передачей данных, составил 30% по сравнению с 5% в 1960 г., а центральных процессоров снизился до 32%. В ближайшее десятилетие эта тенденция полностью сохранится. Несмотря на определенный прогресс, производство терминалов еще не достигло требуемого уровня, а сами они еще во многом несовершенны. В будущем терминалы станут значительно сложнее: будут обладать собственной памятью достаточно большой емкости, способностью выполнять первичную обработку данных, что потребует для них специального математического обеспечения, и иметь ряд встроенных приспособлений, облегчающих работу оператора. Ожидается, что среднее количество терминалов, приходящихся на одну ЭВМ, увеличится с 12—15 в настоящее время до 30 к 1980 г. и до 50 к 1990 г. [49]. В то же время благодаря значительному улучшению технологии производства стоимость центральных процессоров и запоминающих устройств будет постоянно снижаться, а вместе с ней и их удельный вес в вычислительных системах.

Обратимся теперь к средствам вычислительной техники

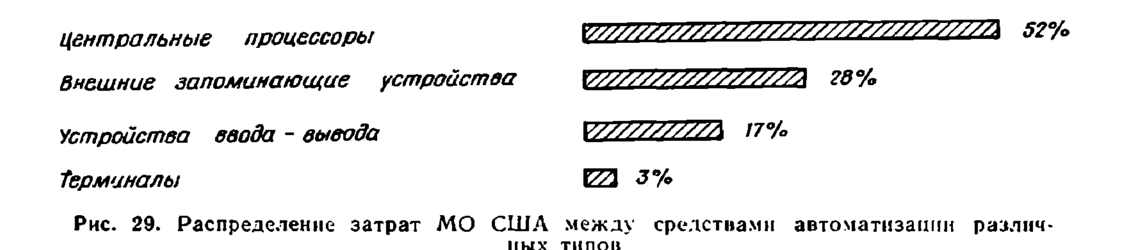


Рис. 29. Распределение затрат МО США между средствами автоматизации различных типов

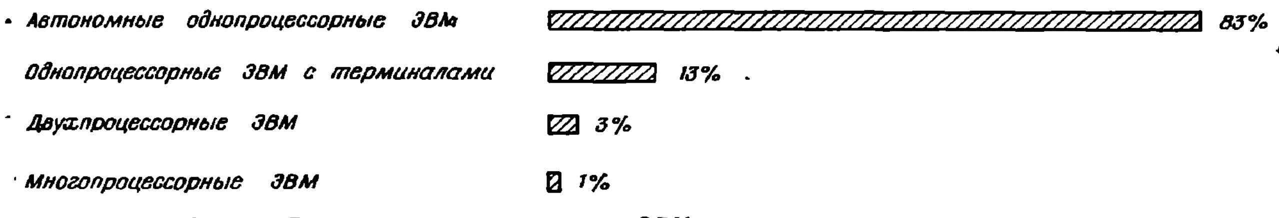


Рис. 30. Распределение универсальных ЭВМ военного назначения по сложности

военного назначения. Здесь, как видно из рис. 29, непосредственно на центральные процессоры приходится 52% общей стоимости, а доля затрат на устройства, связанные с дистанционной обработкой данных, оказывается весьма незначительной. Это является отражением существующей структуры парка ЭВМ министерства обороны США, в котором основное место занимают автономные однопроцессорные ЭВМ, не сопрягаемые с каналами связи, а доля ЭВМ, к которым подключен хотя бы один терминал, ограничивается 17% (рис. 30).

Качественное отставание структуры парка средств вычислительной техники военного назначения объясняется прежде всего тем, что парк ЭВМ в министерстве обороны США сформировался в 60-х годах, когда выпуск машин третьего поколения только начинался. К настоящему времени значительная часть парка представлена машинами второго поколения, которые считаются морально устаревшими и промышленностью США уже не выпускаются. Однако их замена происходит медленными темпами, поскольку ассигнования на закупку более современных ЭВМ ограничиваются под тем предлогом, что военные ведомства должны сначала организовать эффективное использование существующего парка, прежде чем обновлять его.

Правда, такое положение дел носит временный характер. К 1985 г. парк ЭВМ министерства обороны США должен полностью обновиться и, закупая промышленные образцы, военные ведомства будут затрачивать средства в соответствии с ценами, сложившимися на общем рынке. Ожидается, что к этому времени на центральные процессоры будет приходиться не более 20% стоимости технических средств, а остальная часть — на периферийное оборудование, причем стоимость терминалов и устройств, связанных с передачей данных, составит не менее 55%.

Математическое обеспечение

На математическое обеспечение возлагается решение прикладных задач, управление работой технических средств и обеспечение общения человека с техникой. Исходя из этого, комплекс программ, объединяемых понятием математического обеспечения, подразделяют на три группы:

— прикладные программы, целью которых является решение проблем в интересах пользователя (для ЭВМ военного назначения это программы оперативно-тактических задач);

— операционную систему, предназначенную для организации процесса решения прикладных задач, координации работы технических средств вычислительной системы и контроля за их нормальной работой;

— систему программирования, предназначенную для облегчения подготовки прикладных программ и повышения эффективности взаимодействия между человеком и техникой.

Чтобы подчеркнуть особый специфический характер прикладных задач, их традиционно относят к специальному математическому обеспечению, а операционные системы и системы программирования, являющиеся общими для многих пользователей, — к общему. Как будет показано в шестой главе, где эти вопросы рассматриваются более подробно, наблюдающиеся структурные сдвиги в области производства математического обеспечения уже до некоторой степени затрудняют пользование традиционным разделением.

При анализе общих тенденций развития вычислительных систем важное значение имеет анализ соотношения затрат, выделяемых на развитие основных составляющих математического обеспечения. Как видно из рис. 31, в 1964 г., т. е. до появления вычислительных машин третьего поколения, на операционные системы и прикладные программы приходилось не более 25% стоимости математического обеспечения. В вычислительных машинах второго поколения эти программы были относительно несложными и поэтому их разработка не требовала больших затрат. Основные функции операционных систем сводились к очистке и заполнению памяти, выявлению ошибок в процессе решения задачи и организации обмена данными с немногочисленными периферийными устройствами, а прикладных программ — к производству научных расчетов или решению задач административного управления.

В это же время затраты на системы программирования составляли более 75%, что связано с успехами в области создания языков программирования. К началу 60-х годов были разработаны языки высокого уровня: *FORTRAN*, *COBOL*, *ALGOL*, *JOVIAL* и другие, синтаксис которых был уже ближе к языку программистов, чем к кодам вычислительных машин. Это потребовало создания сложных компилирующих программ, обеспечивающих перевод языка высокого уровня в машинные коды.

С середины 60-х годов удельный вес затрат, выделяемых на системы программирования, стал постепенно сни-

жаться. Причиной этому послужила растущая сложность операционных систем машин третьего поколения, доля затрат на которые увеличилась за рассматриваемое десятилетие с 10 до 40%. На сложность современных операционных систем повлияли главным образом два обстоятельства. Первое — это дистанционная обработка данных, что

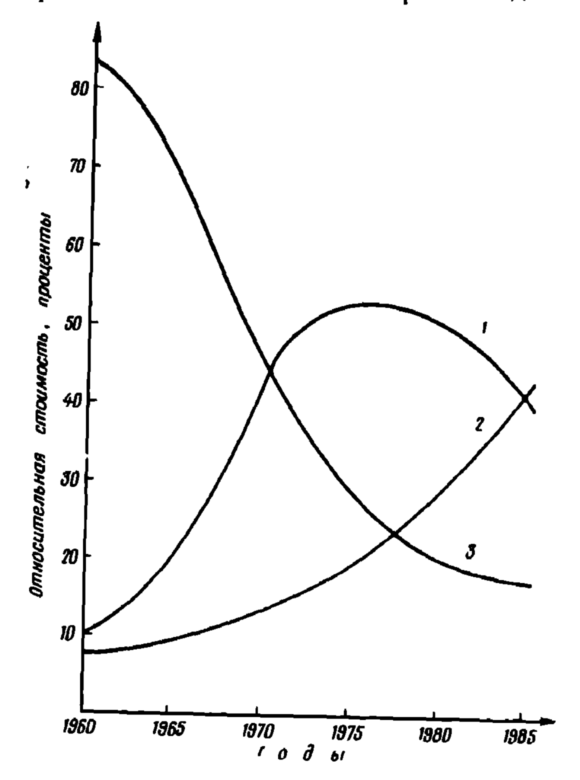


Рис. 31. Изменение соотношения между основными составляющими математического обеспечения в типичной вычислительной системе:

1 — операционная система; 2 — программы прикладных задач; 3 — система программирования

потребовало обеспечить ввод и распределение информации между большим количеством терминалов, организовать управление их работой и управлять вычислительными ресурсами всей системы. Другим обстоятельством явилась проблема управления информационными массивами. Из-за резкого возрастания объемов обрабатываемой информации появилась необходимость в разработке специальных

программ, обеспечивающих индексирование, сортировку, поиск и быструю выдачу требующихся данных. Создание многоуровневой, иерархической памяти и распространение мультипрограммных режимов работы потребовало четкой координации работы разнообразных запоминающих устройств, преобразования форматов данных и организации постраничной памяти. Удельный вес этой части операционной системы вырос за рассматриваемый период в 10 раз.

Что касается прикладных программ, то некоторое повышение их удельного веса в 60-х годах объясняется увеличением количества решаемых задач и наметившимся уклоном в сторону решения сложных проблемных задач управления, удельный вес которых в 1973 г. составил 35% по сравнению с 22% в 1964 г.

Каким же следует ожидать соотношение между составляющими математического обеспечения в будущем? В первой половине 70-х годов большая часть затрат будет приходиться на операционные системы, сложность которых продолжает расти. Связано это прежде всего с разработкой вычислительных машин четвертого поколения и, в частности, с созданием сверхбольших ЭВМ, функции управления в которых чрезвычайно усложнены. Сложившаяся ситуация напоминает ситуацию середины 60-х годов, когда происходила разработка операционной системы для машин третьего поколения серии 360, трудозатраты на которую фирма *IBM* оценивает в 5 тыс. человеко-лет. Другой причиной повышения сложности операционных систем является создание вычислительных сетей, требующих решения проблем организации единого банка данных, обеспечения доступа к ним тысяч пользователей, защиты информационных массивов, распределения нагрузки в вычислительной сети, поиска оптимальных маршрутов передачи информационных массивов и т. д.

Однако со второй половины 70-х годов удельный вес затрат на операционные системы начнет постепенно снижаться. Широкое распространение интегральных схем с высоким уровнем интеграции сделает экономически выгодной аппаратную реализацию некоторых функций операционной системы, благодаря чему ее стоимость уменьшится. С другой стороны, ожидается значительное увеличение затрат на прикладные программы, предусматривающие комплексное решение различных проблем. В общем плане это означает поворот к решению насущных задач пользователя вместо совершенствования «инструмента» для их решения. Затраты на разработку этих программ к 1985 г.

достигнут 45% общей стоимости математического обеспечения.

Удельный вес затрат на системы программирования будет продолжать снижаться, что вызвано тенденцией к развитию языков пользователей, обладающих сравнительно простой структурой и создаваемых на основе уже имеющихся алгоритмических языков. Однако в последующем темпы снижения удельного веса затрат на системы программирования несколько замедлятся. Причиной этому послужат дополнительные затраты, связанные с унификацией языков и машинных кодов. Кроме того, в вычислительных машинах четвертого и последующих поколений будут широко представлены программы диагностики, самовосстановления, отладки, испытания и документирования, разработка которых потребует значительных расходов. Ожидается, что на систему программирования в 1985 г. будет приходиться около 20% общей стоимости математического обеспечения.

Людские ресурсы

С точки зрения распределения затрат между основными составляющими вычислительной системы затраты на содержание обслуживающего персонала, программистов и других специалистов являются в настоящее время самой существенной статьей расходов. Однако дело не только в экономике. Проблема людских ресурсов стала сейчас для США одной из общенациональных проблем и оказывает непосредственное влияние на развитие вычислительной техники.

В 1970 г. в США насчитывалось около 700 тыс. человек, занятых обслуживанием вычислительной техники, в том числе 450 тыс. операторов за пультами устройств ввода — вывода, а также 250 тыс. программистов и специалистов по анализу систем. В 1973 г. количество этих сотрудников увеличилось до 1,7 миллиона, а с учетом работников промышленности число занятых в этой области составило почти 3% от общего числа работающих в США [18]. Если бы существующие темпы сохранились, то к 1990 г. все работоспособное население страны было бы занято в сфере автоматизированной обработки данных. На первый взгляд кажется парадоксальной сама мысль о том, что техника, призванная облегчить труд людей, способна превратиться в своеобразного Молоха, требующего все новых человеческих жертв. Тем не менее при существующем порядке ис-

пользования вычислительной техники такая опасность небезосновательна.

Подготовка кадров в области вычислительной техники рассматривается сейчас как одна из первоочередных задач. Не меньшее значение имеет и уровень подготовки кадров. Ведь вычислительная техника в отличие от других технических средств умножает не мускульную силу, а разум человека и поэтому должна взаимодействовать с ним на качественно новом уровне, предъявляющем к человеку особые требования.

В процессе решения вычислительной системой прикладных задач пользователя участвуют представители трех основных специальностей: обслуживающий персонал, программисты и специалисты по анализу систем. В ходе развития вычислительных систем относительный вес этих специальностей менялся. На ранних этапах, когда ЭВМ были громоздкими и малонадежными, их работоспособность в значительной степени зависела от навыков, умения и искусства обслуживающего персонала. Алгоритмы решаемых задач были настолько просты, что не требовали привлечения квалифицированных специалистов, а программирование, осуществляемое в машинных кодах, приравнивалось к несложной, хотя и трудоемкой работе, навыками которой мог быстро овладеть любой человек.

С появлением сложных операционных систем, уменьшающих вмешательство оператора в процесс обработки информации, значение технических специалистов снизилось. В 60-е годы основную роль в вычислительных системах стали играть программисты, «обучавшие» технику решению сложных прикладных задач. Произошла более строгая специализация между «техниками» и «математиками», выявившая некоторое расхождение во взглядах на организацию работы вычислительной системы. Однако сами программисты были далеки от насущных задач пользователя. Они составляли изящные алгоритмы задач, решали их и мало интересовались тем, насколько эти задачи помогут пользователю. С другой стороны, последнего мало интересовала техника и сами программы, ему нужны были конкретные результаты, которые, как оказывалось зачастую, не оправдывали его надежд и вложенных затрат.

Появление специалистов по системному анализу было вызвано необходимостью ликвидировать непонимание между техническими специалистами, программистами и пользователем. Аналитик является организующим звеном в вычислительной системе и в то же время ее полномочным

представителем перед пользователем. Он должен быть в курсе всех проблем пользователя, знать узкие места и предлагать наиболее эффективные способы их ликвидации.

О соотношении между основными специальностями в области вычислительной техники можно судить по данным табл. 7, где показано распределение трудозатрат среди персонала министерства обороны США. В 1972 г. почти половина всех трудозатрат приходилась на обслуживание техники, более четверти — на программистов и аналитиков, а остальная часть — на служащих, управленческий и административно-хозяйственный аппарат. Данные таблицы отражают также тенденцию к некоторому повышению удельного веса программистов, аналитиков, управленческого аппарата и снижению удельного веса обслуживающего персонала.

В будущем указанные тенденции сохранятся. Особенно это относится к специалистам по анализу систем. По аналогии с «эрой техников и математиков» 70-е и 80-е годы могут быть названы «эрой аналитиков», от уровня подготовки которых будет зависеть дальнейший прогресс. Между тем в специалистах этого профиля ощущается острый дефицит, по своим масштабам давно уже превысивший традиционную нехватку программистов. Например, к 1972 г. общий дефицит в специалистах по вычислительной технике в США оценивался в 240 тыс. человек, из которых 75 тыс. составляли программисты, 110 тыс. — аналитики и 60 тыс. — руководящие работники в области автоматизированной обработки данных [18].

Таблица 7

Распределение персонала, занятого автоматизированной обработкой данных, в министерстве обороны США

(в процентах к общим трудозатратам)

Годы	Аналитики	Программисты	Обслуживающий персонал		Управленческий и административно-хозяйственный аппарат
			операторы ЭВМ	операторы терминалов	
1969	10,8	14,3	30,6	19,2	25,1
1970	10,9	14,5	30,5	18,2	25,9
1971	12,0	15,5	29,7	16,7	26,1
1972	12,1	15,8	28,8	14,9	28,4

Частичное решение проблемы людских ресурсов связывается с созданием вычислительных сетей, где обслуживание мощных ЭВМ возлагается на специализированные организации, а на долю пользователя остается только содержание операторов, работающих за терминалами. Кроме того, ожидается, что автоматизация программирования и унификация комплектов программ помогут снизить потребность в программистах, а использование новой техники ввода и вывода информации, обеспечивающей минимальное участие человека, позволит в ряде случаев отказаться от необходимости специально содержать операторов.

Проблема людских ресурсов особенно актуальна для министерства обороны США. В 1973 г. численность персонала, занятого в вычислительных системах военного назначения, составила 80 тыс. человек, а на его содержание пришлось более половины всех военных расходов в этой области [23]. Стремясь сократить расходы на обслуживающий персонал, министерство обороны США широко практикует аренду ЭВМ и другого оборудования у коммерческих фирм, которые в этом случае обеспечивают эксплуатацию техники своими силами. Пользование машинами на правах аренды применяется также в целях сокращения единовременных затрат на закупку, особенно в тех случаях, когда нет уверенности, что данная машина будет необходима в течение трех-четырех лет. Однако обычно по истечении определенного срока аренды ЭВМ приобретается военной организацией, и последняя оказывается избавленной от хлопот, связанных с установкой, наладкой, пуском и начальным периодом эксплуатации машины.

Хотя доля арендованных ЭВМ постепенно снижается, она до сих пор еще довольно высока и составляет сейчас примерно 40%. Вместе с тем стала распространяться другая своеобразная форма аренды, называющаяся обслуживанием по контрактам. Она предусматривает использование гражданских специалистов для составления программ и обслуживания техники, принадлежащей военным ведомствам. В общих затратах на автоматизацию стоимость обслуживания по контрактам занимает сейчас не менее 10%.

Такая практика будет, по-видимому, широко использоваться и в дальнейшем. Возникновение и быстрый рост доходов фирм, специализирующихся на представлении пользователям всевозможных услуг, являются, по мнению американских специалистов, одним из действенных путей решения проблемы людских ресурсов.

4.2. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ

В современных вычислительных системах используются различные методы обработки информации. При выполнении большого объема вычислительной работы наиболее эффективным считается метод пакетной обработки, когда отдельные сообщения, поступающие в систему, предварительно накапливаются, группируются по определенным признакам, а затем уже обрабатываются целым пакетом. Такой метод позволяет оптимальным образом распределить вычислительные ресурсы системы, но может применяться лишь в том случае, когда не требуется немедленного ответа на поступившее сообщение. В силу этого метод пакетной обработки нашел широкое применение в информационно-вычислительных центрах, где выполняются заявки на решение задач, связанных с производством различных расчетов, информационным обслуживанием пользователей, моделированием и анализом.

Если же вычислительные системы используются для решения задач управления, то результаты решения должны выдаваться в достаточно короткие сроки. Хотя в зависимости от характера управляемого объекта быстрота выдачи решения может изменяться от долей секунды до часов, считается, что подобные системы работают в реальном масштабе времени. Метод обработки информации в реальном масштабе времени широко применяется в автоматизированных системах управления. Его практическая реализация встречает значительные трудности, тем не менее удельный вес автоматизированных систем управления непрерывно возрастает. Так, например, если в 1960 г. более 90% всех универсальных ЭВМ США использовалось для производства расчетов и информационного обеспечения, то в 1970 г. решением таких задач было занято 70% ЭВМ, а доля машин, применяемых в автоматизированных системах управления, повысилась с 5 до 20%.

Сложность вычислительных систем зависит не только от методов обработки информации. На нее влияют количество решаемых задач, состав оборудования и число обслуживаемых пользователей. Если число пользователей невелико и они расположены в непосредственной близости от центрального процессора, то такие системы называются автономными. Эти системы являются наиболее простыми как по составу оборудования, так и по числу решаемых задач. При большом числе пользователей, удаленных на зна-

чительные расстояния, связь между ними и центральным процессором осуществляется по каналам связи через специальные оконечные устройства (терминалы). Сопряжение с каналами связи, наличие связного оборудования, необходимость обеспечения многоканального доступа и эффективного взаимодействия с большим числом дистанционно удаленных пользователей значительно повышает сложность таких вычислительных систем.

Однако наивысшей степенью сложности обладают системы, создаваемые путем объединения ряда отдельных вычислительных систем на основе стандартизации оборудования и математического обеспечения, установления единых форм и методов обмена информацией. Такие системы имеют иерархическую структуру и являются, по существу, вычислительными сетями, которым присущ ряд сложных проблем: координация работы отдельных систем вычислительной сети, организация обмена данными между ними, разработка правил пользования массивами данных, обеспечение защиты массивов от искажений и т. д.

Процесс развития вычислительных систем сопровождается непрерывным повышением их сложности. В первой половине 60-х годов использовались в основном автономные вычислительные системы. Широкое применение систем, сопрягаемых с каналами связи, стало возможным с появлением в середине 60-х годов вычислительных машин третьего поколения. Статистические данные последних лет (табл. 8) свидетельствуют о том, что удельный вес машин, сопрягаемых с каналами связи, неуклонно повышается.

Таблица 8

Данные об увеличении удельного веса ЭВМ, сопрягаемых с каналами связи

Годы	Общая стоимость парка универсальных ЭВМ США, млн. долларов	Общая стоимость ЭВМ, сопрягаемых с каналами связи, млн. долларов	Удельный вес ЭВМ, сопрягаемых с каналами связи, %
1967	13 600	2 000	15
1968	17 350	3 500	20
1969	21 400	5 500	26
1970	25 700	8 000	31
1971	30 800	11 100	36
1972	37 600	14 800	39

С помощью вычислительных машин, сопрягаемых с каналами связи, обеспечивается обработка информации в реальном масштабе времени, и поэтому такие машины используются прежде всего в автоматизированных системах управления. Однако со второй половины 60-х годов они стали применяться также в информационно-вычислительных центрах для организации режима дистанционной пакетной обработки информации. С конца 60-х годов находит все большее распространение метод, сочетающий дистанционную пакетную обработку с обработкой в реальном масштабе времени. Этот метод считается в настоящее время наиболее перспективным, поскольку обеспечивает эффективное использование вычислительных ресурсов системы в сочетании с возможностью выполнения ею функций управления.

Учитывая изложенные тенденции, к современным вычислительным системам предъявляют ряд общих требований. Во-первых, каждая вычислительная система должна конструироваться таким образом, чтобы обеспечить возможность как автономной работы, так и работы в составе вычислительной сети; во-вторых, пакетная обработка должна сочетаться с возможностью работы в реальном масштабе времени; в-третьих, необходимо предусмотреть возможность наращивания вычислительной мощности системы путем включения в ее состав дополнительных блоков и устройств и, наконец, в-четвертых, каждая вычислительная система должна обладать определенной гибкостью, чтобы изменение характера решаемых задач или условий работы не приводило к коренной ломке всей системы.

Процесс развития вычислительных систем сопровождается также их структурными изменениями. Различают централизованную и децентрализованную структуры. Первую обычно имеют системы, работающие в режиме дистанционной пакетной обработки или в реальном масштабе времени, а вторую — автономные системы. Вычислительные системы, имеющие централизованную структуру, обеспечивают эффективное использование вычислительных ресурсов, но недостаточно учитывают особенности отдельных пользователей. Автономные системы рассчитаны на конкретное применение, но используются непроизводительно. В последнее время получают распространение системы, сочетающие достоинства централизованной и децентрализованной обработки данных за счет применения вычислительных машин разной производительности. В таких системах часть информации обрабатывается на местах с

помощью малых ЭВМ, специализирующихся на решении ограниченного круга сравнительно простых задач, а для решения сложных задач привлекаются основные ЭВМ более высокой производительности.

Подобная структура построена уже по иерархическому принципу, который, как отмечалось выше, является основой вычислительных систем будущего. Действительно, путем соединения основных ЭВМ разных вычислительных систем можно образовать новые уровни иерархии и создать вычислительную сеть, способную обеспечить решение с высокой степенью надежности любых задач пользователя. Большое значение при этом имеет модульный принцип построения системы, позволяющий изменять ее состав и структуру без существенных конструкторских доработок за счет использования унифицированных блоков оборудования. Создание иерархических систем выдвигает также проблему организации оконечных пунктов, укомплектованных терминалами и малыми ЭВМ.

Оценка эффективности вычислительных систем является одной из самых сложных проблем, которая пока еще остается нерешенной. В теоретическом плане это означает отсутствие основополагающей теории об эффективности систем и научных методов определения ее основных показателей, а практически приводит к трудностям в выработке требований к элементам вычислительной системы, определении сроков разработки и необходимых ресурсов.

«Мы нуждаемся в базовой теории систем, способных встать в один ряд с теорией относительности, распространения волн и химическими законами,»—заявляет президент фирмы «Ауэрбах корпорейшн» И. Ауэрбах. «Мы потерпели неудачу в попытках найти количественные показатели для оценки реальной выгоды, которую дает автоматизированная обработка данных», — считает глава другой американской фирмы Д. Диболд. «Разработка вычислительных систем все еще искусство, а не наука, — вторит им вице-президент фирмы Ханиуэлл К. Спэнгл. — Время разработки обычно недооценивается, а результаты переоцениваются» [18]. Каковы же основания для столь пессимистических выводов американских деятелей?

В общем случае под эффективностью понимается степень (качество) выполнения системой своего основного назначения. На ранних этапах, когда вычислительную систему отождествляли с электронной вычислительной машиной и ее основным назначением считали производство расчетов, особых трудностей в определении эффективности

не возникало. В то время было принято сравнивать быстродействие машин с вычислительными способностями человека и на этом основании делать ошеломляющие выводы о возможности замены одной машиной десятков тысяч людей и экономии на их заработной плате миллионных сумм. На самом деле экономия за счет этого не достигалась, поскольку люди, освободившись от расчетов, должны были составлять программы, подготавливать исходные данные и выполнять другие новые функции. К тому же человечеству требовалось не столько считать, сколько обрабатывать данные и поэтому старые критерии эффективности уже не годились.

Из-за нехватки подготовленных программ вычислительные машины в 60-х годах не смогли продуктивно работать в течение всего календарного времени. Организация трехсменной работы осложнялась также отсутствием достаточного количества обслуживающего персонала. Показатель загрузки машин сделался одним из универсальных критериев эффективности их использования. В течение 60-х годов коэффициент загрузки непрерывно увеличивался. Согласно исследованиям, проведенным министерством обороны США и рядом американских фирм, в 1970 г. вычислительные машины работали в среднем 64% календарного времени (по министерству обороны — 61%), причем доля полезного времени (исключая профилактику и ремонт) составляла 48%. Несмотря на такие, казалось бы, высокие показатели, многие пользователи оценивают эффект применения ЭВМ невысоко. Как следует, например, из опроса 8 тыс. организаций, только половина из них считает оправданными свои затраты на вычислительную технику и всего только третья часть дает высокую оценку достигнутым результатам [19]. Характерная особенность многочисленных опросов подобного рода заключается в том, что сами пользователи оценивают эффект применения ЭВМ ниже, чем специалисты. Ведь для них важно не то, как работает ЭВМ, а что она обрабатывает и какую это дает реальную выгоду. Стало очевидным, что эффективность вычислительных машин необходимо оценивать применительно к конкретным задачам пользователя.

Эффективность в таком понимании неизмеримо повысила роль системного подхода и расширила его применение не только до вычислительных систем, но и до организационных уровней, в интересах которых они используются. Определение оптимального перечня задач, организация режима их комплексного решения, разработка правил исполь-

зования результатов на различных уровнях руководства, установление порядка взаимодействия между вычислительной системой и пользователем, изменение организационных форм и методов руководства — вот далеко неполный перечень проблем, возникших в процессе разработки и использования вычислительных систем. Как оказалось, эффективность систем на современном этапе в большей степени зависит от решения этих вопросов, чем от характеристик технических средств. Таким образом, понадобился опыт почти целого десятилетия для осознания того, что эффект применения вычислительной техники проявляется не в сокращении численности персонала, а в той экономической выгоде, которая обеспечивается за счет ускорения обработки информации, повышения ее точности, лучшей организации управления и повышения качества принимаемых решений.

С точки зрения современных понятий об эффективности в развитии вычислительных систем отмечаются следующие характерные ошибки:

— недостаточная мотивировка необходимости использования вычислительной техники, игнорирование принципов системного подхода, принятие частных и необоснованных решений;

— неправильное определение уровня использования вычислительных систем, которые должны охватывать всю организацию и быть нацелены на высший уровень руководства, а не на решение второстепенных проблем;

— нежелание изменять организационные формы руководства после внедрения вычислительной техники, боязнь отказаться от старых методов принятия решений;

— непонимание, что процесс организационной перестройки занимает гораздо больше времени, чем установка ЭВМ. Отсюда вытекает требование быстрой самоокупаемости как основного условия внедрения вычислительной техники.

Указанные недостатки присущи и вычислительным системам военного назначения, однако определение их эффективности еще более затруднительно. Дело в том, что для некоторых систем, в частности автоматизированных систем управления войсками, экономические критерии не имеют решающего значения. Их «выгода» должна определяться с учетом общего влияния на ход боевых действий, а при оценке последних выявить роль вычислительной техники чрезвычайно сложно. В вооруженных силах США проводятся многочисленные исследования по оценке бое-

вой эффективности таких систем, результаты которых были частично изложены в первой главе.

На современном этапе эффективность вычислительных систем может быть повышена за счет целого комплекса организационно-технических мероприятий, проводимых в самых широких масштабах. Среди основных направлений можно отметить следующие:

— увеличение количества пользователей, обслуживаемых автономными вычислительными системами;

— объединение автономных систем в вычислительные сети иерархической структуры;

— унификация оборудования и математического обеспечения;

— улучшение взаимодействия человека с техникой;

— улучшение взаимодействия пользователя с вычислительной системой.

Основным принципом обслуживания многих пользователей является работа с разделением времени. Согласно этому принципу рабочее время ЭВМ распределяется между пользователями путем периодического выделения каждому из них «своего» временнòго промежутка, в течение которого они имеют непосредственную связь с машиной. Период повторения промежутка таков, что пользователь не замечает неудобств от параллельной работы своих «соседей», число которых может достигать десятков и даже сотен, и благодаря небольшому времени ответа может работать с ЭВМ в форме диалога.

Работа с разделением времени представляет пользователям большие удобства, так как освобождает их от необходимости иметь свою технику, обслуживающий персонал и многочисленный штат программистов. Кроме того, они могут уже не заботиться о загрузке ЭВМ, поскольку ими оплачивается лишь время действительной работы. С другой стороны, ЭВМ, работающие в режиме с разделением времени, используются наиболее эффективно и оказываются загруженными в течение почти всего эксплуатационного времени. Применение вычислительных систем такого рода вызвало появление организаций, специализирующихся на представлении различных информационных услуг пользователям и являющихся, таким образом, посредниками между ними и производителями оборудования. Информационное обслуживание на основе принципов разделения времени растет в последние годы очень быстрыми темпами. Если в 1970 г. его стоимость оценивалась в 200 млн. долла-

ров, то ожидается, что уже в 1975 г. она превысит 2 млрд. долларов.

Создание сетей на основе объединения нескольких автономных систем, работающих в режиме разделения времени, представляет новые возможности для дальнейшего повышения эффективности вычислительных систем. В таких сетях можно обеспечить равномерную загрузку ЭВМ за счет оптимального распределения между ними решаемых задач, увеличить виды и качество обслуживания пользователей, сосредоточить огромные, доступные для всех информационные массивы, библиотеки программ, уменьшить стоимость и надежность обслуживания.

В настоящее время в США создано несколько типов вычислительных сетей. Наиболее сложной и совершенной из них является сеть «Арпа», разработанная по заказу министерства обороны для обслуживания исследовательских организаций. Основная идея, положенная в основу создания этой сети, заключается в том, чтобы программы и данные, находящиеся в любой ЭВМ, были доступны каждому пользователю. К 1973 г. в состав сети входило 26 вычислительных систем, расположенных в различных частях страны, за ее пределами и оборудованных машинами разных классов и типов. Все они работают в режиме разделения времени и обслуживают пользователей, удаленных на расстояния в несколько сот километров.

Обмен данными между машинами производится по кабельным и спутниковым линиям связи с помощью специальных процессоров, обеспечивающих единый режим и формат передачи сообщений, независимо от типа используемой ЭВМ. Благодаря высокой скорости передачи сообщений время ответа на запрос пользователя не превышает 2 с. Высокая надежность обслуживания обеспечивается за счет того, что каждая вычислительная система связана, как минимум, с двумя другими и поэтому нарушение одной связи не приводит к отказу в передаче сообщения. Подсчитано, что среднее время, в течение которого будет невозможна передача данных между двумя соседними системами, не превысит 30 с за год.

Планами министерства обороны США предусматривается постепенное расширение сети «Арпа» с последующим превращением ее в общегосударственную сеть. Уже сейчас она обслуживает около 2000 пользователей и обрабатывает ежедневно около 370 тыс. сообщений. Потенциально ее состав может быть расширен до 200 вычислитель-

ных систем, а объем обрабатываемой информации увеличен на четыре порядка.

Большое влияние на повышение эффективности вычислительных систем может оказать унификация оборудования и математического обеспечения. Современный парк вычислительной техники отличается крайним разнообразием. Например, в 1972 г. в министерстве обороны США эксплуатировалось 260 типов ЭВМ (в том числе 160 типов универсальных ЭВМ). Это затрудняет обмен информацией, подготовку программ, обучение обслуживающего персонала и увеличивает эксплуатационные расходы.

Руководство министерства обороны осознает те реальные выгоды, которые могла бы принести унификация оборудования и математического обеспечения, однако часто не имеет возможности реализовать свои проекты из-за трудностей организационного и политического порядка. Дело в том, что по отношению к промышленности вычислительной техники США министерство обороны выступает в качестве рядового заказчика (напомним, что количество используемых им универсальных ЭВМ составляет немногим более 3% от общего числа) и поэтому производителям, выпускающим оборудование общего назначения, учитывать военные стандарты невыгодно. Попыткам выбрать единую фирму-поставщика, которая бы поставляла технику в соответствии с едиными военными требованиями, мешает противодействие конкурирующих фирм, препятствующих через своих представителей в конгрессе проведению стандартизации в широких масштабах. Характерным примером этому может служить программа стандартизации ЭВМ, предназначенных для использования на командных пунктах стратегического звена управления вооруженными силами США. Требования к этим машинам были определены в 1966 г., а частичная реализация программы началась только через пять лет, причем объем ассигнований был уменьшен по сравнению с первоначальным почти в 20 раз.

Введение государственных стандартов в условиях частного предпринимательства представляется еще более сложным. Однако унификации оборудования в будущем может помочь растущая концентрация производства вычислительной техники в руках нескольких фирм, заинтересованных в унификации своей продукции. Такое же положение наблюдается и в области математического обеспечения, разработка и поставка которого постепенно переходит к специализированным фирмам. Тенденция превращения математи-

ческого обеспечения в продукт заставляет эти фирмы унифицировать пакеты программ, предлагаемых пользователям.

Улучшение взаимодействия человека с техникой как один из путей повышения эффективности вычислительных систем представляет одну из важнейших проблем, всегда сохраняющих свою актуальность. Некоторые «технические» и «математические» пути ее решения, характерные для 70-х и 80-х годов, излагаются в последующих главах, однако нужно учесть, что уже в ближайшем будущем решение этой проблемы будет зависеть не только от инженеров и математиков, но и от людей других специальностей: лингвистов, психологов, биологов, медиков и др. На современном этапе развития вычислительной техники наиболее актуальной считается проблема улучшения взаимодействия пользователей с вычислительными системами. На необходимость более делового подхода к приобретению и использованию вычислительной техники в государственных учреждениях США было указано в специальном меморандуме президента в 1966 г. В этом документе, а также в докладе специальной правительственной комиссии, изучавшей порядок использования вычислительной техники в министерстве обороны США в 1970 г., подчеркивается, что обучение руководящих работников правилам эффективного использования вычислительной техники представляет одну из важнейших задач [34].

Глава 5
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН

5.1. РАЗВИТИЕ ПАРКА ЭВМ

К 1975 г. в США эксплуатировалось около 130 тыс. универсальных ЭВМ, число которых за последние десять лет увеличилось в пять раз. Еще более высокими темпами шло их качественное совершенствование. Например, вычислительная мощность[1] парка ЭВМ увеличилась за это время почти в 500 раз [22], что связано прежде всего со значительным улучшением технологической базы и структуры ЭВМ.

В середине 60-х годов парк ЭВМ в США был представлен в основном машинами первого и второго поколений, выполненных соответственно на электронных лампах и транзисторах. К настоящему времени первое поколение машин полностью вытеснено, а на долю второго поколения приходится около 30% количественного состава парка. Остальную часть составляют машины третьего и четвертого поколений, технологической базой которых служат интегральные схемы.

В общем случае интегральная схема представляет собой микроминиатюрное электронное устройство, конструктивно объединяющее несколько дискретных элементов. Однако это не механическое соединение обычных транзисторов, диодов, конденсаторов, резисторов и индуктивностей. Формирование элементов и их соединение в нужной последовательности является единым технологическим процессом и происходит в самом материале, из которого выполняется интегральная схема. Благодаря применению новых материалов, рациональному размещению элементов, уменьшению числа микросоединений и переключению небольших мощностей удалось значительно повысить быст-

---

[1] В данном случае под вычислительной мощностью понимается суммарное быстродействие всех ЭВМ, установленных в США.

родействие и надежность интегральных схем, а также увеличить в них концентрацию элементов.

В прошлом смена поколений ЭВМ происходила с циклом длительностью примерно десять лет. От начала выпуска первых промышленных образцов до их широкого распространения проходило 2—3 года, разработка математического обеспечения запаздывала на 5 лет, а уже через 8—9 лет промышленность приступала к выпуску машин следующего поколения. Некоторое удлинение сроков стало наблюдаться при переходе от третьего к четвертому поколению ЭВМ. Объясняется это прежде всего отсутствием резких, «внешних» различий между ними, достаточно хорошими техническими характеристиками машин третьего поколения, расширением семейств ЭВМ, позволяющих работать новым ЭВМ с машинами старых выпусков, не прибегая к замене последних, а также переходом к модульному принципу конструкции ЭВМ, обеспечивающему наращивание вычислительной мощности путем подключения дополнительных блоков к уже имеющимся.

По-видимому, выпуск ЭВМ третьего поколения будет продолжаться еще несколько лет и до начала 80-х годов на них будет приходиться основная часть парка ЭВМ. В дальнейшем увеличение и обновление парка будет происходить за счет машин четвертого поколения. Возможно, что к концу 70-х годов появятся первые образцы ЭВМ пятого поколения, но к середине 80-х годов они среди общего количества ЭВМ составят еще небольшую часть.

В настоящее время около 75% количественного состава парка приходится на малые ЭВМ. Доля средних и больших ЭВМ составляет соответственно 20 и 5%. Следует, однако, отметить, что на большие и средние ЭВМ приходится основная часть вычислительной мощности и суммарной стоимости общего парка. В этом смысле анализ стоимостного соотношения между классами ЭВМ является более показательным.

Одной из характерных особенностей развития парка ЭВМ США за последние десять лет являлось постепенное повышение удельного веса малых и больших ЭВМ. В середине 60-х годов на них приходилось около 40%, а к середине 70-х годов — уже 70% общей стоимости парка. Это отражает общую тенденцию развития вычислительной техники: удельный вес больших ЭВМ увеличивается вследствие создания мощных вычислительных центров, обслуживающих большое число пользователей, и организации такого режима, когда часть информации обрабатывают

на месте, не прибегая к услугам вычислительных центров.

В ближайшее десятилетие эта тенденция полностью сохранится. Повышенный спрос на большие ЭВМ во второй половине 70-х годов смогут обеспечить фирмы, специализирующиеся на информационном обслуживании пользователей и создающие крупные информационно-вычислительные центры, а в первой половине 80-х годов — организации и государственные учреждения, создающие вычислительные сети путем объединения автономных вычислительных центров. Спросу на малые ЭВМ во второй половине 70-х годов будет способствовать дальнейшее снижение их стоимости, а в 80-х годах — создание более совершенного математического обеспечения, специализация, направленная на выполнение конкретных задач пользователей, и необходимость подключения широкого круга пользователей к объединенным вычислительным сетям.

Производство средних ЭВМ останется примерно на уровне начала 70-х годов, а их удельный вес значительно снизится. Небольшой спрос на средние ЭВМ объясняется в основном соображениями экономического порядка: вследствие низкой стоимости и специализации малых ЭВМ пользователю окажется выгодным приобрести несколько малых ЭВМ, чем одну среднюю.

Указанные тенденции подтверждаются данными о предполагаемом объеме продажи ЭВМ в США (рис. 32), составленными на основании прогнозов ряда американских специалистов [26, 49, 60, 61]. Значительно более противоречивы прогнозы по количественному составу парка ЭВМ. История дает немало примеров ошибочности прогнозов такого характера на периоды более пяти лет, что объясняется сложностью определения потребности в ЭВМ, необходимостью учета конъюнктурных особенностей рынка, динамики изменения цен и т. д. Наиболее осторожные авторы считают, например, что к 1980 г. в США будет находиться в эксплуатации 160—170 тыс. ЭВМ [49], другие увеличивают эту цифру почти вдвое [60]. Помимо указанных причин подобные расхождения объясняются также трансформацией взглядов на место микроминиатюрных машин, многие из которых вследствие тенденции к специализации превращаются в миниатюрные вычислительные приборы. Такие машины вряд ли целесообразно рассматривать в составе парка универсальных ЭВМ, как это делают авторы оптимистических прогнозов.

По-видимому, наиболее правдоподобную картину можно получить, если принять темпы увеличения количества ЭВМ равными темпам роста ежегодного объема их продажи, которые, как предсказывают многие специалисты, снизятся до 8% в 70-е годы и до 6% в первой половине

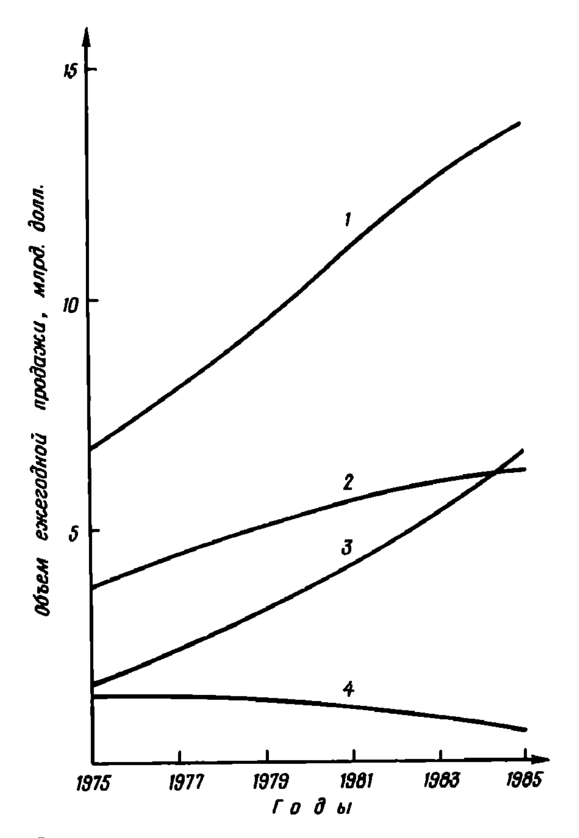


Рис. 32. Предполагаемый объем продажи ЭВМ в 1975—1985 гг.:

1 — ЭВМ всех классов; 2 — большие ЭВМ; 3 — малые ЭВМ; 4 — средние ЭВМ

80-х годов. В этом случае окажется, что к 1980 г. в США будет эксплуатироваться 190—200 тыс., а к 1985 г. —230—250 тыс. ЭВМ.

Рассмотрим теперь парк универсальных ЭВМ министерства обороны США и сопоставим тенденции развития ЭВМ общего и военного назначения. За последние десять

лет количество универсальных ЭВМ, находящихся в распоряжении военных ведомств, увеличилось в 4 раза, достигнув к 1975 г. 4,1 тыс. шт. (рис. 33). Таким образом, в количественном отношении парк ЭВМ военного назначения увеличивался медленнее, чем в целом по США. Однако гораздо

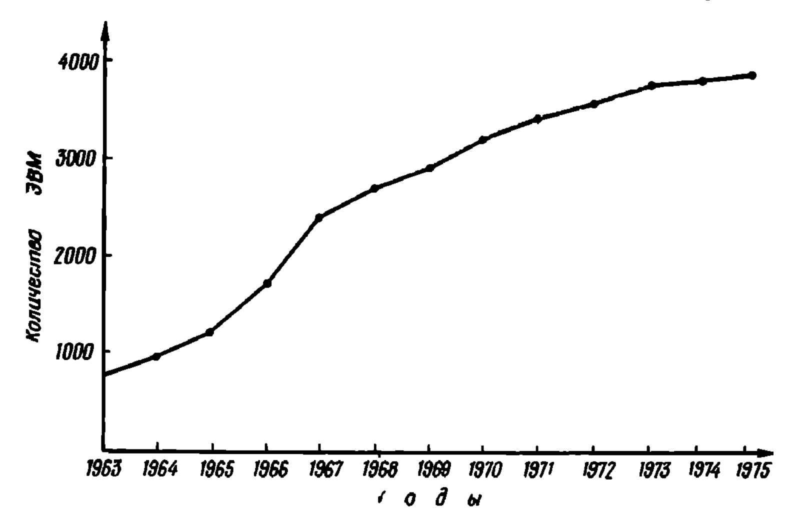


Рис. 33. Рост количества универсальных ЭВМ в МО США

важнее отметить его качественное отставание. Оно проявляется, как видно из табл. 9, в более высоком проценте использования военными ведомствами машин устаревших выпусков, а также в меньшей доли машин, работающих в режиме дистанционной обработки данных. Следствием автономной работы многих ЭВМ является повышенный процент больших и средних вычислительных машин.

Такое положение дел объясняется рядом причин. Во-первых, как уже отмечалось в предыдущей главе, к началу выпуска машин третьего поколения министерство обороны США уже располагало достаточным количеством машин первого и второго поколений, большинство из которых еще находится в эксплуатации. Достаточно указать, например, что известная ЭВМ «Мобидик», разработанная в 1959 г. по одной из ранних программ автоматизации управления сухопутными войсками, до сих пор используется в ряде систем материально-технического обеспечения. Во-вторых, сама специфика военной деятельности диктует иногда необходимость автономного использования ЭВМ в ущерб соображениям экономического характера. И, наконец, отсут-

ствие в министерстве обороны США специализированных организаций, занимающихся централизованной обработкой данных в интересах многих пользователей, как это распространено в гражданской сфере, также ставит военные организации перед необходимостью иметь собственные ЭВМ.

Таблица 9

Сравнительная характеристика современного парка ЭВМ общего и военного назначения

Характеристики	Парк ЭВМ в целом по США	Парк ЭВМ министерства обороны
Общее количество ЭВМ, тыс. шт. . . .	130	4,1
Удельный вес больших ЭВМ, %	5	8
Удельный вес средних ЭВМ, %	20	30
Удельный вес малых ЭВМ, %	75	62
Удельный вес ЭВМ третьего и четвертого поколений, %	70	45
Удельный вес ЭВМ, работающих в режиме дистанционной обработки, %	45	20

В настоящее время виды вооруженных сил предпринимают некоторые меры, направленные на изменение существующего порядка и повышение эффективности использования ЭВМ. В частности, предусматривается повысить степень централизованного обслуживания военных организаций за счет создания так называемых банков данных, единых для данной области функциональной деятельности, и обеспечения к ним доступа со стороны заинтересованных лиц. Ожидается, что осуществление подобных мероприятий окажет значительное влияние на состав парка ЭВМ военного назначения и поможет ликвидировать его качественное отставание.

5.2. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЭВМ

Совокупность параметров, необходимых для всесторонней оценки ЭВМ, от поколения к поколению усложняется. Современную ЭВМ уже нельзя полностью характеризовать с помощью таких традиционных параметров, как быстродействие, объемы памяти, надежность и т. д., которые характеризуют скорее технологическую базу, чем саму ЭВМ. В основе деления ЭВМ на поколения кроме технологической базы лежат особенности внешней и внутренней структуры, характеристики операционной системы, режимы

обработки информации и способы организации взаимосвязи с внешней средой. В этом смысле для ЭВМ третьего поколения характерны дальнейшая централизация структуры, позволяющая обеспечить высокую степень параллельной обработки информации, наличие большого количества разнообразных периферийных устройств, ориентация машинных языков на выполнение специальных задач, более развитая библиотека программ, возможность мульти- и микропрограммирования, взаимодействие с различными типами оконечных устройств, сопряжение с каналами связи и возможность работы в режиме разделения времени. Эти особенности сами по себе плохо поддаются количественной оценке, однако в конечном счете влияют на производительность ЭВМ, которая служит интегральной оценкой развития характеристик ЭВМ. Американскими специалистами произведены оценки производительности и стоимости вычислений для 300 типов ЭВМ различных классов и поколений, что позволило выявить некоторые важные закономерности.

На рис. 34 и 35 показан характер изменения производительности, быстродействия и стоимости вычислений для

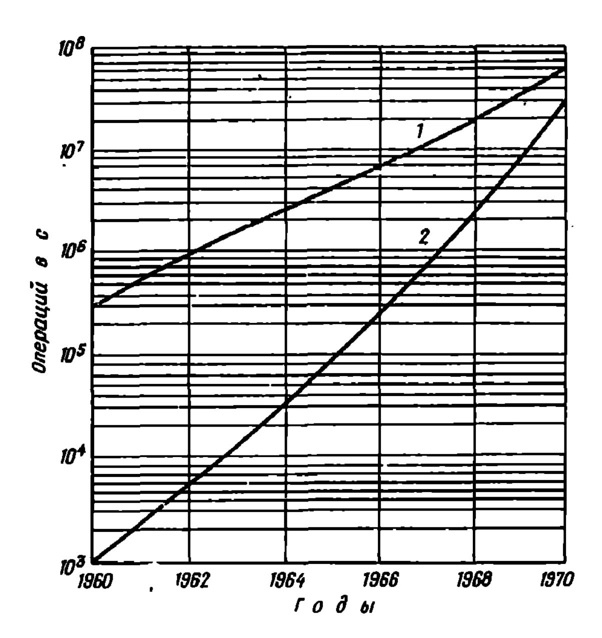


Рис. 34. Изменение быстродействия (*1*) и производительности ЭВМ (*2*) в 1960—1970 гг.

лучших представительных образцов ЭВМ за каждый год предыдущего десятилетия. Как видно, производительность ЭВМ росла более быстро, чем быстродействие, постепенно сближаясь с ним. Одновременно с ростом производительности снижалась и стоимость вычислений. В целом количество вычислительных операций, приходящихся на один доллар затрат, увеличивалось ежегодно на 130—160%.

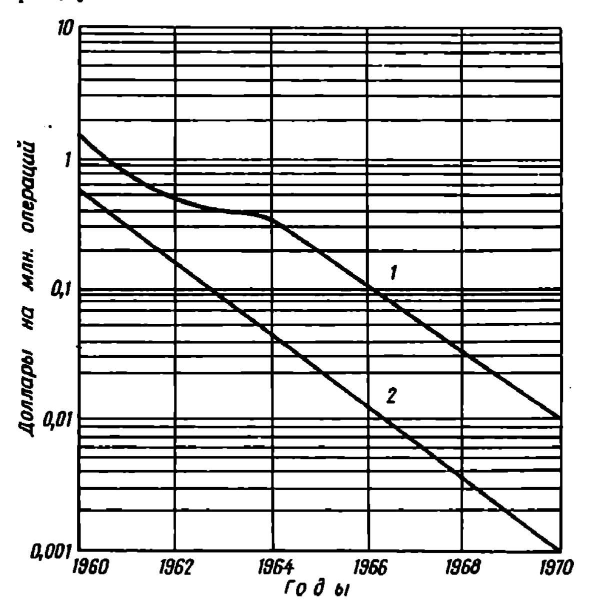


Рис. 35. Уменьшение удельной стоимости решения задач на ЭВМ (*1*) и в центральном процессоре (*2*) в 1960—1970 гг.

Ранее считалось, что производительность ЭВМ подчиняется закону Гроша, т. е. увеличивается пропорционально квадрату стоимости. Однако на практике оказалось, что она растет гораздо быстрее. Этим объясняется повышенный интерес к созданию сверхбольших ЭВМ, который наблюдается в США со второй половины 60-х годов. Самой быстродействующей в прошлом десятилетии являлась ЭВМ *CDC 7600*, выполняющая 20 млн. операций в секунду. С 1966 г. велись разработки ЭВМ «Иллиак-IV» с расчетным быстродействием 1 млрд. операций в секунду. Эта машина была введена в строй в 1971 г., однако ее быстродействие снижено по сравнению с расчетным в пять раз. В начале 70-х годов были введены в строй ЭВМ «Стар-100»

и «Старан» с быстродействием соответственно 100 и 500 млн. операций в секунду. Основные характеристики сверхбольших ЭВМ указаны в табл. 10.

Таблица 10

Основные характеристики некоторых сверхбольших ЭВМ, разработанных в США

Наименование ЭВМ	Год выпуска	Быстродействие, млн. операций в секунду	Емкость оперативной памяти, млн. байт	Стоимость, млн. долларов
CDC 6600	1964	3,5	1,0	5,0
B8500	1965	5,0	1,5	15,0
CDC 7600	1968	20,0	4,5	10,0
IBM 360/195	1970	17,0	4,2	
«Стар-100»	1971	100,0	4,0	15,0
«Иллиак-IV»	1971	200,0	1,0	20,0

Таблица 11

Изменение характеристик мини-ЭВМ за десятилетний период

Характеристики	1960	1965	1970
Быстродействие, тыс. операций в секунду	5	40	150
Объем, $дм^3$	500	100	25
Вес, кгс	400	100	20
Потребляемая мощность, Вт	400	110	40
Среднее время безотказной работы, ч	150	1000	10 000
Стоимость (основной конфигурации), тыс. долларов	180	25	8

Проведенная оценка производительности относится к большим и средним ЭВМ. Для малых ЭВМ такой критерий не является определяющим, поскольку они приобретаются пользователем для решения вполне конкретных задач. Здесь помимо стоимости большое значение имеют эксплуатационные характеристики: надежность, вес, габариты, потребляемая мощность. Наиболее показательно развитие этих характеристик у мини-ЭВМ. Как следует из табл. 11, в течение 60-х годов надежность этих машин увеличилась почти в 70 раз, а объем, вес и стоимость — в 20 раз. В последнее время появились также сверхминиа-

тюрные ЭВМ, которые в корне меняют традиционные представления о вычислительных машинах. Вид центрального процессора одной из таких ЭВМ, изготовленной в 1973 г. фирмой «Теледайн Системс», показан на рис. 36. Эта машина, свободно умещающаяся на ладони, способна выполнять 47 команд, из которых составляются программы, храня-

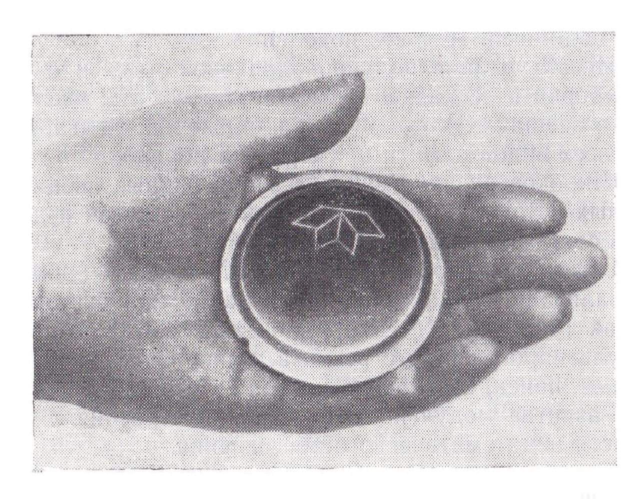


Рис. 36. Американская микроминиатюрная ЭВМ фирмы «Теледайн Системз». Время сложения порядка 10—50 мкс, емкость оперативной памяти 2 тыс. 16-разрядных слов, предполагаемое среднее время безотказной работы 25 лет, вес 25 г

щиеся в постоянной памяти. По утверждению разработчиков, среднее время ее безотказной работы составляет 25 лет [42].

В каком же направлении следует ожидать развитие характеристик ЭВМ в ближайшем десятилетии? Самой общей и характерной чертой ЭВМ будущих поколений является их ориентация на пользователя, т. е. на решение с максимальной эффективностью задач в интересах конкретного пользователя. Это делает необходимой разработку принципиально нового подхода к оценке ЭВМ и все больше затрудняет пользование традиционными характеристиками. В будущем оценка ЭВМ будет производиться на основе новых, интегральных характеристик, сопоставление которых с существующими станет очень условным.

Тенденции в развитии характеристик ЭВМ наиболее полно выражаются в машинах четвертого поколения, основными чертами которых являются следующие.

1. Использование средних и больших интегральных схем с уровнем интеграции до 1000 вентилей в схеме, отличающихся низкой стоимостью (1—2 цента на вентиль вместо 50 центов в МИС) и высоким быстродействием (время задержки на вентиль 0,2 нс вместо 2 нс), благодаря чему соотношение стоимостных и рабочих характеристик логических схем будет более чем на 2 порядка лучше по сравнению с машинами третьего поколения.

2. Использование полупроводниковой памяти с временем выборки в несколько десятков наносекунд, увеличение емкости внешних ЗУ до 10^{13} бит и снижение удельной стоимости всех видов памяти примерно на порядок.

3. Широкое распространение миниатюрных специализированных ЭВМ как для автономной работы, так и для работы в составе больших ЭВМ.

4. Повышение эффективности ЭВМ за счет аппаратурной реализации ряда функций операционной системы, таких, как трансляция с алгоритмических языков, организация мультипрограммного режима, выполнение операций со списками, поиск, сортировка и т. д.

5. Развитие модульного принципа построения аппаратной части и математического обеспечения.

6. Концентрация все большего числа аппаратурных средств в периферийных и оконечных устройствах.

7. Значительное увеличение надежности за счет широкого применения аппаратурной системы контроля, диагностики и самовосстановления.

Технологическая база и структура ЭВМ четвертого поколения позволят увеличить быстродействие машин примерно на два порядка, однако практически даже в самых быстродействующих машинах оно будет ограничиваться несколькими миллиардами операций в секунду. Расчеты показывают, что дальнейшее увеличение быстродействия становится экономически нецелесообразным. Так, например, при оценке ЭВМ «Стар» и «Иллиак-IV» оказалось, что они способны в достаточной степени использовать свое высокое быстродействие лишь при решении задач, требующих большого числа вычислений одинакового характера (вычисление матриц, решение дифференциальных уравнений и т. д.). Если же задачи требуют последовательных вычислений (а многие задачи по своей природе именно таковы), то значительная часть оборудования не используется и производительность этих машин оказывается ниже, чем у ЭВМ *CDC 7600*, имеющей меньшее быстродействие.

Обеспечение высокой производительности является основным требованием, предъявляемым к ЭВМ четвертого поколения, поэтому их быстродействие будет выбираться в расчете на «усредненную» задачу, а для решения задач, требующих более высокого быстродействия, будут использоваться несколько ЭВМ, входящих в состав данной вычислительной сети.

Вообще, если рассматривать чисто технические характеристики ЭВМ, то их ожидаемое улучшение за 70-е годы будет более скромным, чем в прошлом. Например, быстродействие увеличится примерно в 15 раз, а производительность — в 80 раз, тогда как в 60-е годы эти цифры составляли соответственно 200 и 1000. Ожидается также, что стоимость вычислений уменьшится в 10 раз по сравнению со стократным уменьшением в предыдущем десятилетии. Однако сделанный на основании этих данных вывод о том, что совершенствование ЭВМ в 70-е годы будет идти медленнее, был бы неправомерен. Как уже отмечалось выше, традиционные характеристики не отражают всех особенностей ЭВМ четвертого поколения. Например, наличие в составе ЭВМ дополнительных устройств, обеспечивающих автоматическую отладку программ или автоматический поиск и устранение неисправностей, увеличивает стоимость машины и незначительно повышает ее производительность, но зато резко увеличивает эффективность системы «пользователь — ЭВМ».

В противоположность общей стоимости ЭВМ стоимость отдельных комплектующих модулей и блоков будет снижаться очень быстрыми темпами. Машины четвертого поколения, имея многопроцессорную структуру, будут представлять, по существу, совокупность миниатюрных ЭВМ. Стоимость этих ЭВМ уже к середине 70-х годов станет не более 2—3 тыс. долларов, а к началу 80-х годов — несколько сот долларов.

Закономерен вопрос: если улучшение собственно технических характеристик ЭВМ будет происходить более медленно, чем в прошлом, то не наступит ли вскоре предел качественного совершенствования ЭВМ? Ход развития вычислительной техники даст на это отрицательный ответ. Разумеется, для каждой технологической базы свойственны определенные ограничения, которые вызывают «насыщение» характеристик, однако как только такие ограничения становятся тормозом дальнейшего прогресса, появляются принципиально новые элементы, дающие качественно новые направления развитию техники. Современная полу-

проводниковая электроника еще далеко не исчерпала себя, но уже сейчас стало ясно, что с переходом за наносекундный диапазон ее быстродействие будет в значительной степени ограничиваться перекрестными помехами, возникающими в электрических соединениях. А нельзя ли обойтись без электрических контактов в наиболее быстродействующих цепях? Долголетние поиски путей разрешения этой проблемы привели к идее использования оптических элементов.

Передача информации с помощью световой энергии стала практически возможной с открытием оптических квантовых генераторов — лазеров. Но, чтобы использовать их в качестве элементов вычислительных машин, необходимо было разработать способы выполнения логических операций. В начале 60-х годов было открыто, что один лазер может управлять излучением другого. Два лазера на стекловолокне, отделенные друг от друга непрозрачным материалом, генерируют колебания независимо друг от друга, но когда материал убирается, энергия одного лазера гасит колебания, излучаемые другим, причем с прекращением генерации второго лазера энергия первого увеличивается. В результате получается элемент с двумя состояниями, напоминающий триггер — основной «строительный блок» вычислительных машин.

В середине 60-х годов были разработаны более простые и экономичные способы выполнения логических операций за счет использования полупроводниковых лазеров, которые и поныне считаются почти идеальным логическим элементом. Здесь используется тот же эффект гашения колебаний одного лазера другим. Если на полупроводниковом кристалле, выполненном в виде параллелепипеда, образовать лазерные переходы, генерирующие колебания в продольном и поперечном направлениях, то колебания, генерируемые одним из переходов по продольной оси, гасят колебания другого перехода в поперечном направлении. Излучение происходит из тех боковых граней кристалла, которые тщательно обработаны. Против них устанавливается светочувствительный прибор, регистрирующий излучение.

Для получения с помощью подобного кристалла схемы «И», которая, как известно, должна давать сигнал на выходе при наличии двух сигналов на входе, нужно обработать только две противоположные боковые грани и выбрать энергию управляющих сигналов таким образом, чтобы величина каждой из них в отдельности была меньше

порога генерации, а сумма — превышала бы его. Если в дополнение к этому отшлифовать две другие боковые грани кристалла возле одного из переходов, то установленный напротив них прибор будет регистрировать сигнал «НЕТ». Действительно, при подаче сигнала на этот переход свет будет излучаться в поперечном направлении, а при наличии двух сигналов — излучаться в продольном и гаситься в поперечном. Исследования, проведенные японскими учеными, показали, что подобные логические элементы, изготовленные по современной технологии, способны обеспечить выполнение элементарных логических операций за время менее 0,01 нс, т. е. в 20 раз скорее, чем самые быстродействующие элементы будущих больших интегральных схем [71].

В 1971 г. появилось сообщение о создании американской фирмой «Компьютер дженерал» первой оптической вычислительной машины [72]. Технические характеристики, приведенные в этом сообщении, вызвали сомнение у многих американских специалистов главным образом потому, что фирма скрывает технические подробности о своей машине. В частности, пока ничего не известно об ее элементной базе кроме того, что для организации оперативной памяти используется голографическое запоминающее устройство. По-видимому, это сообщение носило рекламный характер, поскольку работы по развитию оптоэлектроники и ее применению в вычислительных машинах находятся, по общему мнению, в экспериментальной стадии. Однако подобное направление развития вычислительных машин считается весьма перспективным и возможно, что оптоэлектроника найдет широкое применение уже в машинах пятого поколения.

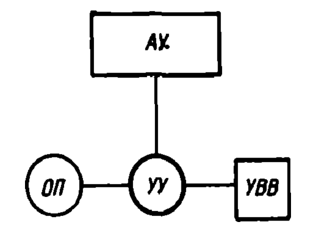
Впрочем, для машин будущих поколений технологическая база уже не является определяющим фактором. Машины пятого поколения будут отличаться более совершенной операционной системой, использованием естественного языка программирования и разнообразными средствами, облегчающими взаимодействие человека с машиной. Эти машины будут создаваться из стандартных «строительных» блоков прямо на том месте, где она будет эксплуатироваться. Определение необходимого набора блоков исходя из задач, которые должны решаться машиной, и порядок соединения блоков будут полностью автоматизированы.

5.3. РАЗВИТИЕ СТРУКТУРЫ ЭВМ

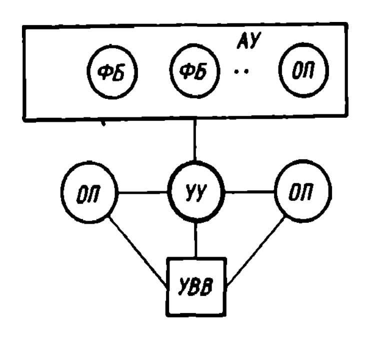
Переход от одного поколения к другому сопровождался принципиальными изменениями в структуре ЭВМ, причем с каждым новым поколением влияние этих изменений на характеристики ЭВМ повышалось. Главной тенденцией в развитии структуры вычислительных машин трех поколений являлась все большая децентрализация, направленная на повышение степени параллельной обработки информации.

Согласно классической модели Неймана ЭВМ состоит из четырех основных устройств: арифметического (АУ), управления (УУ), ввода — вывода (УВВ) и оперативной памяти (ОП). В машинах первого поколения эти устройства были тесно связаны между собой и их управление осуществлялось централизованно с помощью УУ (рис. 37, *а*). Это требовало синхронного цикла работы. Наиболее слабым звеном структуры в то время была оперативная память. Стремление увеличить ее емкость вызывало усложнение адресации, увеличивало время выборки и не позволяло эффективно использовать АУ. Первым значительным нововведением явилось разделение ОП на две части — для чисел и для команд. Такое решение заставляло вводить дополнительно некоторое количество аппаратуры, но это дополнение было незначительным. Благодаря тому что одновременно со считыванием очередной команды из одного блока памяти могло производиться считывание данных из другого блока, быстродействие увеличилось почти в два раза. Используемый здесь впервые принцип совмещения операций стал основным принципом построения ЭВМ следующих поколений. Однако из-за несовершенства технологической базы попытки дальнейшей децентрализации приводили к резкому возрастанию габаритов ЭВМ.

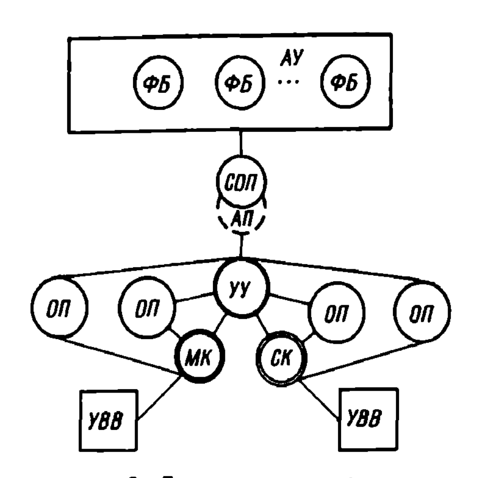
С переходом от ламп к транзисторам оказалось возможным увеличить число блоков в АУ. В нем стали делать отдельные сумматоры для выполнения сложения, умножения, деления, операций с плавающей запятой и логических операций. Децентрализация коснулась не только тракта обработки данных, но и действий над командами: в машинах стала использоваться аппаратная модификация команд, были введены индексные регистры. С увеличением быстродействия внешних ЗУ оказалось, что синхронизация обращений к оперативной памяти АУ и УВВ не позволяла использовать имеющуюся полосу пропускания памяти и работать с быстродействующими УВВ. Поэтому в ЭВМ



а. Первое поколение



б. Второе поколение



в. Третье поколение

Рис. 37. Структура ЭВМ трех поколений:

АУ — арифметическое устройство; ОП — оперативная память; УУ — устройство управления; УВВ — устройство ввода—вывода; ФБ — функциональные блоки; СОП — сверхоперативная память; АП — ассоциативная память; МК — мультиплексный канал; СК — селекторный канал

второго поколения были введены отдельные каналы для обращения к памяти для УУ и УВВ. При такой организационной структуре устройства управления, памяти и ввода — вывода могли быть выполнены в виде полностью независимых блоков с автономным управлением (рис. 37, *б*). Важным нововведением явилось использование системы прерываний, позволяющей управлять передачей данных между асинхронно работающими блоками УУ, УВВ и ОП. Таким образом, в ЭВМ второго поколения стало уделяться большое внимание организации обмена информацией между независимо работающими блоками.

В машинах третьего поколения организация взаимообмена данными получила свое дальнейшее развитие. Прежде всего, стал полностью автономным обмен данными по каналам связи. В структуре ЭВМ было введено специальное устройство — мультиплексный канал, связанный с одной стороны с каналами связи, а с другой — с оперативной памятью. Произошло полное разделение операций по вводу — выводу с работой АУ и УУ. Для высокоскоростного обмена данными стало использоваться специальное устройство другого типа — селекторный канал, через который оказалось возможным осуществлять обмен данными с другой ЭВМ и создавать на этой основе многомашинные комплексы.

В самом АУ продолжало увеличиваться число независимых блоков: были введены отдельно блоки для операций над десятичными числами, для нормализации и некоторых логических операций. Наличие в АУ нескольких независимых модулей позволило вместо обычного порядка считывания команд производить считывание массивов, а затем распределять выполнение этих команд между отдельными блоками. Созданная система приоритетов позволила решить задачу динамического распределения загрузки функциональных блоков.

На структуру ЭВМ третьего поколения оказало влияние дальнейшее развитие запоминающих устройств. Емкость оперативной памяти значительно увеличилась. Необходимость достижения нужного компромисса между объемом памяти и временем выборки привела к идее создания иерархической или многоуровневой памяти, содержащей сверхоперативную память небольшого объема и основную оперативную память. Обмен информацией между ними стал происходить целыми массивами (страницами), что заставило искать принципиально новые пути организации памяти. «Постраничная» память стала прообразом ассоци-

ативной памяти, которая также нашла применение в ЭВМ третьего поколения. Значительное снижение стоимости оперативных ЗУ позволило широко использовать их для буферного накопления информации и рассредоточить по отдельным функциональным блокам.

Таким образом, структура машин третьего поколения (рис. 37, *в*) стала представлять собой совокупность отдельных блоков, а логическим следствием ее развития стал модульный принцип создания ЭВМ, который нашел свое воплощение в ЭВМ четвертого поколения.

Фундаментальные изменения структуры ЭВМ трех поколений сопровождались усложнением функций управляющих программ. Особенно возросла роль программы-диспетчера, руководящей последовательностью работы всех блоков ЭВМ. Реализация этой программы потребовала значительного усложнения устройства управления, которое превратилось в своеобразную внутреннюю ЭВМ.

Развитие структуры ЭВМ четвертого поколения будет идти в направлении дальнейшей децентрализации, выражаемой в увеличении как числа независимых модулей в процессоре, так и числа процессоров. Характерными примерами практической реализации этих принципов может служить структура ЭВМ «Стар» и «Иллиак-IV».

В ЭВМ «Стар» реализован так называемый поточный принцип выполнения операций. Процессор машины представляет набор функциональных модулей, каждый из которых выполняет одну или несколько определенных операций. Программа задачи идет непрерывным потоком от одного модуля к другому (очередная команда поступает через 25 нс), и каждый модуль «выбирает» из этого потока те команды, на выполнение которых он рассчитан.

Структура ЭВМ «Иллиак-IV» представляет матрицу из 64 идентичных процессоров, имеющих свою оперативную память и работающих независимо друг от друга. Программа задачи разделяется на отдельные блоки, которые распределяются между процессорами.

Использование поточного и матричного принципов позволяет получить быстродействие в несколько сот миллионов операций в секунду. Однако в первом случае требуется очень большое число модулей (например, только для выполнения операции умножения чисел с плавающей запятой в ЭВМ «Стар» применяются 30 модулей). К тому же доказано, что даже при бесконечно большом числе модулей степень параллельной обработки информации в одном потоке меньше, чем в двух параллельно работающих про-

цессорах. С другой стороны, матричная структура ЭВМ оказывается целесообразной лишь при решении задач, позволяющих деление на независимые блоки, и для большинства задач не является оптимальной.

В основу построения ЭВМ четвертого поколения лег метод дифференцированной обработки информации, сочетающий в себе достоинства поточного и матричного принципов организации ЭВМ. Согласно этому методу структура машины представляет совокупность элементов, каждый из которых способен выполнять отдельные блоки программы: управление запоминающими устройствами на дисках и лентах, вычисление векторов, преобразование кодов, логические преобразования и т. д. В отличие от функциональных модулей ЭВМ «Стар» эти элементы имеют свою память, устройства управления, могут быть запрограммированы на выполнение нескольких функций и являются в известной степени автономными. Такие элементы представляют, по существу, миниатюрные процессоры, отличающиеся от процессоров ЭВМ «Иллиак-IV» более строгой специализацией.

Метод дифференцированной обработки информации позволяет перейти к модульной конструкции аппаратуры, т. е. включать в структуру ЭВМ такие элементы, которые необходимы для решения конкретных задач пользователя. В плане общей тенденции развития структуры ЭВМ он означает дальнейшую децентрализацию не только собственно вычислительных, но и управленческих функций. Поскольку специализированные процессоры, входящие в состав ЭВМ, будут иметь автономное управление, на центральное устройство управления возлагаются главным образом функции диспетчера. Однако в отличие от современных ЭВМ, где программа-диспетчер определяла необходимую последовательность работы устройств при решении заданной задачи, управляющая программа машин четвертого поколения будет иметь возможность выбирать, исходя из конкретной обстановки, какие задачи необходимо решать в интересах данного пользователя. Текущая информация для пользователя будет вырабатываться под влиянием поступающих входных данных, ранее полученных результатов и анализа данных, содержащихся в массивах пользователя.

Для выполнения новых функций программы-диспетчера в памяти ЭВМ потребуется хранить большой объем разнообразной информации, а поток данных между оперативной памятью и центральным устройством управления будет бо-

лее интенсивным. Кроме того, увеличение быстродействия логических элементов и применение в составе АУ автономных специализированных процессоров значительно увеличит пропускную способность тракта обработки данных. Все это заставляет искать новые пути повышения пропускной способности оперативной памяти.

Увеличение емкости ОП, достигнутое в машинах третьего поколения, усложнило адресацию и способы обращения, а ограниченность емкости сверхоперативной памяти (СОП) привела к необходимости интенсивного обмена данными с оперативной памятью. В машинах четвертого поколения предполагается иметь ассоциативную память, где бы хранились виртуальные адреса информационных блоков, находящихся в СОП. С помощью этой памяти будет осуществляться поиск нужных слов или блоков и передача их между сверхоперативной и оперативной памятью. Наличие ассоциативной памяти делает целесообразным разделение операций управления памятью и арифметическим устройством. Устройство управления памятью, работающее по собственной программе, будет производить выборку из памяти инструкций, операндов и записывать в память результаты работы АУ. Подобная структура обеспечивает таким образом совмещение операций управления памятью и АУ. Предполагается также увеличить число блоков сверхоперативной памяти. При этом каждый блок вместе с ассоциативной памятью будет представлять автономный информационный канал, обслуживающий автономные блоки АУ, и общая пропускная способность тракта передачи между арифметическим устройством и оперативной памятью значительно увеличится.

Принципиально другим направлением в развитии структуры ЭВМ является использование ассоциативной функциональной памяти, способной выполнять логические операции, не прибегая к помощи АУ, для чего каждый элемент такой памяти должен обладать способностью выполнять более сложные функции, чем «исключительное ИЛИ». Хотя стоимость хранения слова в ассоциативной функциональной памяти приблизительно на порядок больше, в целом ассоциативный процессор оказывается дешевле обычного. Его недостатком является низкий коэффициент использования оборудования, и считается, что подобный принцип организации ЭВМ может найти распространение лишь в некоторых специализированных машинах.

Таким образом, основные отличия структуры ЭВМ четвертого поколения (рис. 38) от рассмотренной ранее струк-

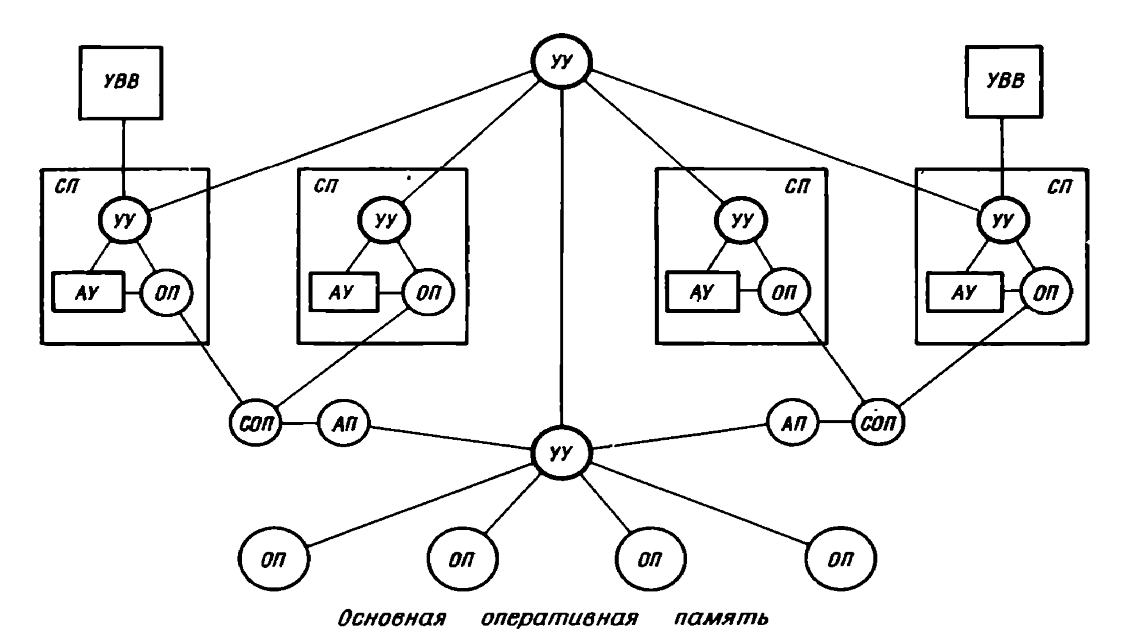


Рис. 38. Структура ЭВМ четвертого поколения:

УУ — устройство управления; УВВ — устройство ввода—вывода; СП — специализированный процессор; АУ — арифметическое устройство; ОП — оперативная память; СОП — сверхоперативная память; АП — ассоциативная память

туры ЭВМ третьего поколения (рис. 37, *в*) заключаются в использовании большого количества специализированных процессоров, децентрализации управления, повышении роли центрального устройства управления как диспетчера, разделении операций управления оперативной памятью и арифметическим устройством и наличии нескольких трактов передачи данных между ними [16, 24, 52—54].

5.4. РАЗВИТИЕ ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Иерархическая память современных ЭВМ в общем случае разделяется на сверхоперативную, основную оперативную, буферную, основную внешнюю и архивную. Для организации этих видов памяти могут использоваться ЗУ различных типов, но практическое распространение к настоящему времени получили ЗУ на ферритовых сердечниках, магнитных пленках, полупроводниках, магнитных барабанах, дисках и лентах, а также отдельные образцы оптических ЗУ.

В 70-е годы перед разработчиками и производителями ЗУ помимо улучшения технических и стоимостных характеристик ЗУ стоит ряд других серьезных проблем. Необходимо добиться, чтобы ЗУ одного типа могли применяться на различных уровнях иерархической памяти ЭВМ. Это приведет в конечном счете к сокращению числа уровней и повышению производительности ЭВМ. Если бы, например, удалось создать оперативную память большого объема со временем цикла 200—300 нс, то отпала бы необходимость в сверхоперативной памяти, а вместе с ней в сложных программах динамического распределения памяти.

Важной проблемой является создание электронной внешней памяти для замены ЗУ электромеханического типа — барабанов, дисков и лент, а также разработка новых ЗУ, способных достаточно эффективно выполнять роль буфера между оперативной и внешней памятью. Существующие типы ЗУ не перекрывают весь диапазон памяти по быстродействию, вследствие чего существует разрыв во времени цикла между 10^{-5} и 10^{-2} с.

Решение указанных проблем тесно связано с развитием техники ЗУ. Какой же будет эта техника в перспективе? Будет ли оперативная память, как и в прошлом, строиться на магнитных элементах, сохранят ли в этом случае ферритовые сердечники лидирующее положение или их заменят другие ЗУ, в частности магнитные пленки? Какие новые элементы могут быть использованы для оперативной

памяти, станет ли ведущей полупроводниковая техника? Что заменит магнитные барабаны, диски и ленты, какую технику можно предложить для ЗУ среднего быстродействия? Ответы на указанные вопросы можно получить, учитывая требования, которые предъявляются к памяти ЭВМ будущих поколений, а также рассматривая текущее состояние развития ЗУ.

Как было показано, к настоящему времени имеются три основных типа ЗУ, применяемые для организации оперативной памяти: ферритовые сердечники, магнитные пленки и полупроводники. Учитывая, что широкому использованию ЗУ новых типов предшествует достаточно большое время, связанное с их освоением и преодолением определенной инерционности пользователей, можно считать, что указанные ЗУ будут по-прежнему широко применяться в течение следующего десятилетия.

Соотношение между этими ЗУ будет постепенно меняться за счет перераспределения удельного веса между ферритовой и полупроводниковой памятью. Снижение удельного веса ферритовой памяти объясняется прежде всего тем, что ее возможности входят в противоречие с развитием структуры ЭВМ. Из-за существенной зависимости стоимости ферритовой памяти от ее объема разработчики ЭВМ вынуждены сосредоточивать оперативную память в большие массивы, тогда как структура ЭВМ развивается в направлении создания отдельных процессорных элементов, что требует распределения памяти между ними. В этом смысле полупроводниковая память, состоящая из отдельных модулей, число которых можно легко изменять, обладает значительными преимуществами.

Распространение полупроводниковой памяти и повышение ее удельного веса будет определяться главным образом степенью внедрения ЭВМ четвертого поколения. Ожидается, что уже к 1975 г. удельный вес полупроводниковой памяти повысится до 14%, а ферритовой снизится до 73% (рис. 39). Магнитные пленки, на долю которых придется около 7%, будут по-прежнему применяться в основном в системах специального назначения, где использование ферритовых сердечников будет ограничено из-за быстродействия, а полупроводников — из-за возможности потери информации при отключении питания. В дополнение к указанным тенденциям для второй половины 70-х годов будет характерно повышение удельного веса новой техники, которая будет представлена главным образом оптическими ЗУ, использующими принцип голографии.

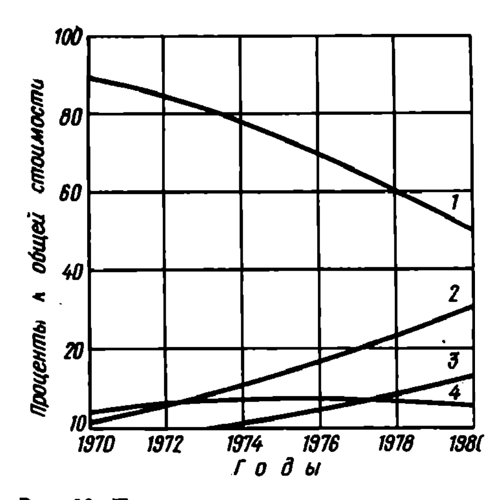


Рис. 39. Предполагаемое соотношение между различными типами оперативных ЗУ в 1970—1980 гг.:

1 — на ферритовых сердечниках; *2* — полупроводниковые; *3* — на магнитных пленках; *4* — оптические

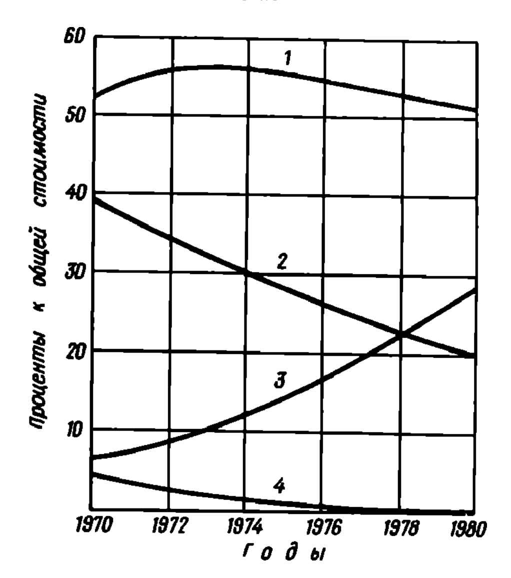


Рис. 40. Предполагаемое соотношение между различными типами внешних ЗУ в 1970—1980 гг.:

1 — ЗУ на магнитных дисках; *2* — новые типы внешних ЗУ; *3* — ЗУ на магнитных лентах; *4* — ЗУ на магнитных барабанах

Предполагаемое соотношение между основными типами внешних ЗУ показано на рис. 40. Наиболее характерной особенностью их развития в 70-е годы является повышение удельного веса ЗУ нового типа, основанных на электронных принципах работы и исключающих применение малонадежных движущихся частей. Технологической базой этих ЗУ будут служить в основном оптические элементы и магнитные домены (магнитные пузырьки). В то же время ведущая роль электромеханических ЗУ в течение текущего десятилетия сохранится: на них будет приходиться более 70% всей внешней памяти. Удельный вес магнитных дисков останется примерно на уровне конца 60-х годов, а магнитных лент и барабанов снизится соответственно до 20 и 2% [17].

Приведенные данные получены в расчете на определенный прогресс, который будет достигнут в развитии технических и стоимостных характеристик различных типов ЗУ.

Полупроводниковые ЗУ

Существует два подхода к конструированию полупроводниковых ЗУ. Первый подход — это биполярная логика, основанная на использовании обычных триггерных элементов. Она обеспечивает высокое быстродействие, но расходует в то же время большую мощность. Сейчас в лучших образцах биполярной памяти потребляемая мощность снижена до 1—2 мВт на бит, однако даже при таком значении схемы с высокой плотностью упаковки требуют принудительного охлаждения.

Другой подход заключается в использовании металлоокисных (МОП) транзисторов, обладающих повышенной междуэлектродной емкостью, что позволяет питать триггеры не постоянным, а импульсным напряжением, обеспечивая их работоспособность между импульсами за счет остаточных внутриемкостных зарядов. ЗУ такого типа обладают меньшим быстродействием, зато потребляемая мощность составляет сотые доли милливатта на бит, а плотность упаковки увеличивается. Дальнейшим развитием этого подхода является динамическая память, в которой для сохранения информации используется не триггер, а отдельный МОП транзистор. В такой памяти за счет уменьшения числа активных элементов, необходимых для хранения единицы информации, плотность упаковки возрастает еще в большей степени.

Уровень современной технологии позволяет надеяться на значительное улучшение обоих видов полупроводниковой памяти (табл. 12), однако большинство специалистов считает использование МОП транзисторов более перспективным. Возможно, что в полупроводниковой памяти 70-х годов биполярная и МОП-логика будут сочетаться: первая использоваться в управляющих и усилительных цепях, а вторая — в качестве запоминающих элементов.

Таблица 12

Развитие основных характеристик полупроводниковой памяти

Характеристики	1975 г.		1980 г.	
	биполярная логика	логика на МОП транзисторах	биполярная логика	логика на МОП транзисторах
Время цикла, нс	30—40	150—200	10—20	80—100
Потребляемая мощность, мкВт/бит	500	50	200	10
Плотность упаковки, бит/см²	$5 \cdot 10^2$	10^3	10^3	10^4
Емкость одной ИС, бит	1024	2048	2048	4096
Стоимость, ц/бит	4—5	1	1—2	0,2

Дальнейшее развитие полупроводниковой памяти основано на применении приборов с зарядовой связью. Принцип действия такой памяти заключается в том, что при воздействии внешнего электрического поля в полупроводниковом материале, прошедшем определенную технологическую обработку, образуются группы связанных между собой электрических зарядов. Величина этих зарядов зависит от приложенного напряжения, и поэтому, изменяя его, можно перемещать заряды из одного участка в другой. Наличие или отсутствие зарядов на данном участке определяется по изменению емкости между поверхностью полупроводника и электродами, покрывающими изоляционный слой. Выбрав для заряда пороговое значение, позволяющее считать его 1 или 0, можно таким образом осуществлять передвижение двоичной информации, а так как в определенном диапазоне внешнего напряжения заряды в полупроводнике остаются сколько угодно долго, то хранение информации оказывается достаточно надежным.

В запоминающих устройствах, построенных на приборах с зарядовой связью, можно обеспечить плотность информации примерно 10^5—10^6 бит/см², их отличает также

высокое быстродействие (единицы микросекунд), малая потребляемая мощность и простота технологического производства. Предполагаемое развитие их характеристик приведено в табл. 13.

Таблица 13

Развитие характеристик ЗУ на приборах с зарядовой связью

Характеристики	1975 г.	1980 г.
Емкость одного блока, бит	$5 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^4$
Время обращения, с	10^{-5}	10^{-6}
Плотность упаковки, бит/см²	10^4	$8 \cdot 10^4$
Потребляемая мощность, мкВт/бит	—	1,5
Стоимость, ц/бит	—	0,01

Полупроводниковая память уже в ближайшие годы сможет превзойти память на ферритовых сердечниках почти по всем показателям. Это позволит значительно расширить область ее применения и ускорит процесс вытеснения ферритов. Ожидается, что с середины 70-х годов полупроводниковые ЗУ будут доминировать в памяти малых ЭВМ и оконечных устройствах, затем начнется вытеснение ферритов из основной оперативной памяти больших и средних ЭВМ и, наконец, из массовой быстродействующей памяти. С середины 70-х годов полупроводники станут применяться для построения постоянных ЗУ.

Основным обстоятельством, которое сможет ограничить применение полупроводниковой памяти в будущем, является разрушение информации при отключении источников питания. Правда, некоторые специалисты склонны не придавать этому недостатку большого значения, поскольку обычно резкое изменение режима питания приводит к нарушению работы многих узлов ЭВМ и информацию в оперативных ЗУ все равно приходится восстанавливать. К тому же разрушение информации можно предотвратить за счет быстрой перезаписи содержимого ОЗУ во внешнюю память. По-видимому, наиболее существенным образом данное обстоятельство может повлиять на применение полупроводниковых ЗУ для организации постоянной памяти.

Оптические запоминающие устройства

В основе оптической памяти лежит принцип записи и считывания информации с помощью светового луча, что обеспечивает наивысшую плотность расположения информации. Как известно, видимый свет имеет длину волны около 0,5 микрона. Это значение, являющееся теоретическим пределом для диаметра светового луча, позволяет достигнуть плотности записи свыше 10^7 бит/см^2, недостижимой для всех других видов ЗУ.

Для организации оптической памяти используются два основных метода записи информации: дискретный и голографический. В первом случае запоминающей поверхностью служат полупрозрачные материалы, на которых 1 и 0 представляются светлыми и темными точками, пропускающими или задерживающими направленный на них световой луч. Это, по существу, оптическая интерпретация обычной записи двоичной информации на магнитных поверхностях. Память такого типа используется для постоянного хранения информации. В начале 70-х годов промышленностью США был выпущен ряд оптических ЗУ емкостью до 10^{12} бит и стоимостью около 10^{-4} ц/бит. Недостатком оптических ЗУ с дискретной записью является большое время выборки (несколько секунд), наличие сложной и громоздкой оптики, а также высокие требования, предъявляемые к качеству поверхности и чистоте окружающей среды.

В запоминающих устройствах, использующих второй метод, запись информации происходит в виде голограмм, представляющих собой интерференционную картину световых волн, излучаемых видимым объектом. В качестве такого объекта выбрана страница памяти емкостью примерно 10^4 бит. Формирование страницы памяти, подлежащей записи, происходит с помощью матрицы из запоминающих элементов (обычно триггеров), каждый из которых связан с модулятором света, пропускающим или рассеивающим свет в зависимости от состояния элемента. Для записи страницы на голографическую среду модуляторы света освещаются лазерным лучом, а второй лазерный луч в этот момент освещает место на поверхности, куда должна быть записана голограмма. Считывание страницы происходит в обратном порядке.

Преимуществом голографической записи является небольшое время выборки голограммы (единицы микросекунд), отсутствие механической оптики и различных движущихся частей, независимость достоверности хранимой

информации от окружающей среды и несовершенства запоминающей поверхности.

Оптические ЗУ, использующие технику голографии, находятся в стадии разработки, однако их быстрый прогресс не вызывает сомнения, поскольку все основные элементы этих ЗУ уже созданы.

Наиболее важная проблема заключается в создании мощных лазерных источников света, разработка которых является делом ближайшего будущего. Состояние современной технологии позволит к середине 70-х годов начать выпуск голографических ЗУ с временем обращения 1 мкс и емкостью 10^8 бит. Для хранения одной страницы в таком ЗУ потребуется площадь 3 мм², а всей информации — 30×30 см².

Ожидаемые характеристики оптических ЗУ представлены в табл. 14. Судя по этим характеристикам, оптические ЗУ уже в 70-х годах могут найти широкое применение как в оперативной, так и во внешней памяти ЭВМ. К середине 70-х годов оптические ЗУ с дискретной записью информации сравняются с магнитными дисками по емкости и стоимости, а к концу 70-х годов значительно превзойдут их. Что касается голографических ЗУ, то они окажутся самыми дешевыми из всех оперативных ЗУ и поэтому в конце 70-х годов начнут вытеснять ферритовую память, сравнимую с ними по быстродействию.

Таблица 14

Предполагаемое развитие основных характеристик оптических ЗУ

Характеристики ЗУ	1975 г.		1980 г.	
	дискретные	голографические	дискретные	голографические
Емкость, бит	10^9	10^8	10^{11}	10^{10}
Время выборки, с	1,0	10^{-6}	0,1	10^{-6}
Стоимость, ц/бит	10^{-2}	10^{-1}	10^{-3}—10^{-4}	10^{-2}

Магнитные запоминающие устройства

Из запоминающих устройств, использующих принцип магнитной записи, в 70-е годы будут применяться ЗУ на ферритовых сердечниках, магнитных пленках, магнитных барабанах, дисках и лентах, а также ЗУ на цилиндрических магнитных доменах. Предполагаемые значения основ-

ных характеристик традиционных магнитных ЗУ приведены в табл. 15.

Таблица 15

Предполагаемые значения характеристик традиционных магнитных ЗУ к концу 70-х годов

Характеристики	Ферритовые сердечники	Магнитные пленки	Магнитные диски	Магнитные барабаны	Магнитные ленты
Минимальное время цикла (обращения), с	$0,2\cdot10^{-6}$	$0,05\cdot10^{-6}$	$25\cdot10^{-3}$	$5\cdot10^{-3}$	Десятки секунд
Максимальная емкость, бит	10^9	10^8	10^9	$5\cdot10^8$	10^{12}—10^{13}
Плотность информации, бит/см² (бит/см для внешних ЗУ)	$2\cdot10^3$	10^3	10^3	$5\cdot10^2$	10^3
Стоимость, ц/бит	0,5	0,2	10^{-3}	$5\cdot10^{-2}$	10^{-5}

Для ферритовых ЗУ наиболее показательным будет увеличение емкости и плотности упаковки (примерно на порядок), для пленочных ЗУ — увеличение емкости, плотности упаковки и снижение стоимости (также примерно на порядок), а для внешних ЗУ — снижение стоимости (более чем на порядок).

Наряду с совершенствованием характеристик традиционных магнитных ЗУ будет разрабатываться память на принципиально новых магнитных элементах. Наиболее перспективными из них являются цилиндрические магнитные домены (магнитные пузырьки). Они являются одним из представителей молекулярной памяти, появление которой уже давно предсказывалось многими специалистами.

Известно, что ряд магнитных материалов обладает единственной осью легкого намагничивания, вдоль которой направлены спины электронов. Электроны с одинаково направленными спинами разделяются между собой с помощью своеобразного барьера — доменной стены. Если к такому материалу, выполненному в виде тонкой пластины, приложить определенное внешнее магнитное поле, направленное вдоль оси легкого намагничивания, то участки, где сосредоточены электроны с противоположно направленными ему спинами, начинают сжиматься, образуя цилиндрические области — пузырьки диаметром в несколько микрон. Это и есть цилиндрические магнитные домены.

В результате воздействия энергии доменной стены и внешнего поля магнитные пузырьки оказываются настолько устойчивыми, что их можно перемещать по пластине в различных направлениях. Обнаруживать перемещение пузырьков можно электрическими или оптическими методами.

Таким образом, существуют все необходимые условия для организации хранения двоичной информации: создание пузырьков, их передвижение и обнаружение в том или ином месте на пластине. Кроме того, на расстоянии менее трех диаметров пузырьки ведут себя как элементарные магниты, т. е. взаимно отталкиваются. Это свойство позволяет использовать их для выполнения логических операций.

Основные достоинства памяти на магнитных доменах заключаются в высокой плотности информации, малой потребляемой мощности и простоте технологии. Ожидается, что эти ЗУ найдут самое широкое применение в вычислительной технике военного назначения благодаря чрезвычайно малым габаритам, повышенной надежности и стойкости к радиации. Например, разрабатываемое сейчас по военному заказу запоминающее устройство на магнитных доменах объемом в 10^8 бит будет занимать куб со стороной около 12 см, весить не более 4 кг, а вероятность отказа в течение двух лет не превысит 0,01. Развитие характеристик этих ЗУ в 70-е годы представлено в табл. 16.

Таблица 16

Предполагаемые характеристики ЗУ на магнитных доменах в семидесятые годы

Характеристики	1975 г.	1980 г.
Емкость одного блока, бит	10^4	10^6
Время обращения, с	$1,5 \cdot 10^{-4}$	10^{-5}
Плотность упаковки, бит/см²	$2 \cdot 10^5$	10^6
Потребляемая мощность, мкВт/бит	0,5	0,2
Стоимость, ц/бит	—	0,01

Новая техника запоминающих устройств найдет широкое распространение уже в ближайшем будущем. Ожидается, что к 1980 г. более 20% ЗУ будет создано на основе новой техники: оптических элементах, магнитных доменах и приборах с зарядовой связью. Где же могут применяться эти новые ЗУ?

Таблица 17

Варианты построения иерархической памяти ЭВМ в 70-е и 80-е годы

Классы ЭВМ	Семидесятые годы			Восьмидесятые годы		
	сверхоперативная и основная оперативная память	буферная и основная внешняя память	постоянная память	сверхоперативная и основная оперативная память	буферная и основная внешняя память	постоянная память
Большие ЭВМ	Полупроводники (биполярная логика), ферриты полупроводники (МОП транзисторы)	Ферриты, барабаны, диски оптическая	Ферриты, магнитная проволока, оптическая оптическая	Полупроводники (МОП транзисторы)	Приборы с зарядовой связью	Оптическая
Средние ЭВМ	Полупроводники (МОП транзисторы), ферриты	Ферриты, барабаны, диски	Ферриты, магнитные пленки, оптическая	Оптическая, полупроводники (МОП транзисторы)	Оптическая, магнитные домены	Оптическая, магнитные домены
Малые ЭВМ	Полупроводники (МОП транзисторы)	Ферриты, диски, полупроводники (МОП транзисторы)	Магнитные пленки	Полупроводники (МОП транзисторы), магнитные пленки	Магнитные домены	Магнитные домины

Оптические ЗУ, обладающие наиболее широкой областью применения, могут использоваться в оперативной, внешней и постоянной памяти, причем быстродействие и емкость оптических ЗУ таковы, что необходимость в буферной памяти отпадает. Эти ЗУ будут самыми дешевыми и среди запоминающих устройств новых типов в 70-х годах будут занимать не менее 60%. В дальнейшем область их применения ограничится внешней и постоянной памятью.

Запоминающие устройства на магнитных доменах и приборах с зарядовой связью найдут применение главным образом во внешней и буферной памяти ЭВМ. Их удельный вес начнет повышаться с начала 80-х годов, когда в ЭВМ четвертого и пятого поколений будет широко использоваться ассоциативная память. Особенно перспективным является использование этих запоминающих устройств в малых ЭВМ, где большое значение имеют эксплуатационные характеристики, габариты и вес.

Возможные варианты построения иерархической памяти для ЭВМ трех классов с учетом применения новых ЗУ приведены в табл. 17 [17, 26, 51, 61, 67].

5.5. ОБЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ УСТРОЙСТВ ВВОДА—ВЫВОДА

Устройства ввода — вывода (УВВ) объединяют разнообразные технические средства, осуществляющие взаимосвязь между оператором и вычислительной машиной. На границе «человек — машина» возникает ряд сложных проблем, трудностями в разрешении которых объясняется сравнительно медленный прогресс в развитии УВВ по сравнению с другими средствами вычислительной техники. Ввод и вывод информации является пока одним из наиболее узких мест вычислительной техники, и этой проблеме уделяется в последнее время самое серьезное внимание.

О тенденциях развития и современном состоянии парка УВВ в США можно судить по данным, приведенным в табл. 18. За последние десять лет объем их промышленного производства увеличился в восемь раз, а стоимость производимых ежегодно УВВ составляет 21% от стоимости всех средств вычислительной техники. Почти половина этой стоимости приходится на традиционные УВВ: перфокарточные устройства, телетайпы и печатающие устройства, — однако их доля в общем объеме промышленного производства снизилась за десятилетие вдвое. Вслед за ними идут оптические считывающие устройства, сложные

Таблица 18

Данные по объему продажи и составу парка устройств ввода—вывода в США в 1973 г.

Типы устройств ввода—вывода	Объем продажи в 1973 г., млн. долл.	Удельный вес по объему продажи, %	Среднегодовые темпы увеличения объема продажи в 1969—1973 гг., %	Общее количество образцов в 1973 г., тыс. шт.
На перфокартах	480	20,5	13	500
На перфолентах	20	0,9	34	80
На магнитных дисках . .	80	3,4	50	4
На магнитных лентах . .	140	6,0	5	150
Оптические считывающие устройства	290	12,5	38	4
Устройства для считывания магнитных знаков . . .	40	1,7	16	Неизвестно
Специализированные устройства ввода	110	4,7	250	50
Телетайпы	190	8,1	2	150
Печатающие устройства	480	20,5	32	300
Дисплеи	160	6,8	15	200
Графопостроители . . .	40	1,7	3	15
Устройства вывода данных на микрофильм	40	1,7	4	2
Устройства вывода информации в звуковой форме	10	0,4	60	4
Сложные системы для дистанционного ввода—вывода данных	260	11,1	45	20
Всего . . .	2340	100,0	•	Около 1500

системы для дистанционного ввода — вывода, УВВ на магнитных лентах и дисках, дисплеи и специализированные устройства, а на долю всех других устройств приходится немногим более 6%.

Самыми высокими темпами в последнее пятилетие увеличивалось производство специализированных УВВ, что отражает тенденцию ориентации на пользователя, характерную для развития многих средств вычислительной техники. Повышенные темпы увеличения производства характерны также для устройств вывода информации в звуковой форме, УВВ на магнитных дисках и перфолентах, сложных систем для дистанционного ввода — вывода, оптических

считывающих и печатающих устройств. Следует, однако, отметить, что все они, за исключением печатающих устройств, имеют в количественном отношении небольшой удельный вес. Значительно снижены по сравнению с предыдущим пятилетием темпы увеличения производства УВВ на магнитных лентах и дисплеев, что объясняется существенным уменьшением стоимости и их довольно широким распространением к началу 70-х годов. Темпы увеличения производства других УВВ в течение 1964—1974 гг. сохранялись примерно постоянными.

Указанные УВВ могут использоваться автономно или обеспечивать дистанционный ввод — вывод информации. В последнем случае они называются терминалами. Чтобы передать данные на расстояние, нужно преобразовать исходную информацию, т. е. произвести кодирование (декодирование), модуляцию (демодуляцию), обеспечить соответствующие режимы работы каналов связи, их синхронизацию, временное или частотное разделение, коммутацию и выработку управляющих сигналов. Кроме того, необходимо исключить до определенной степени возможность искажения и потери информации при передаче. Служащие для этой цели технические устройства относятся обычно к связной аппаратуре, и, таким образом, терминалы находятся как бы на стыке традиционных УВВ и техники связи. Помимо чисто связных проблем дистанционный ввод — вывод данных имеет ряд других особенностей. Удаление от основной ЭВМ предполагает определенную автономность терминалов, способность к производству предварительной обработки данных, исключающей необходимость передачи по каналам связи излишней информации, а также организацию специальных режимов взаимодействия с ЭВМ.

В современных терминалах используются устройства с различным быстродействием: от медленных телетайпов, работающих со скоростью 10—15 знаков в секунду, до графических дисплеев, способных передавать десятки тысяч бит в секунду (рис. 41). В зависимости от назначения и требующейся производительности оконечных пунктов применяются различные сочетания УВВ.

В настоящее время наиболее распространенным является сочетание дисплея с телетайпом или электрической пишущей машинкой.

Другой формой организации оконечных пунктов являются многопультовые системы ввода — вывода. Применение в качестве промежуточных носителей магнитных лент и дисков делает возможным подключение к одному нако-

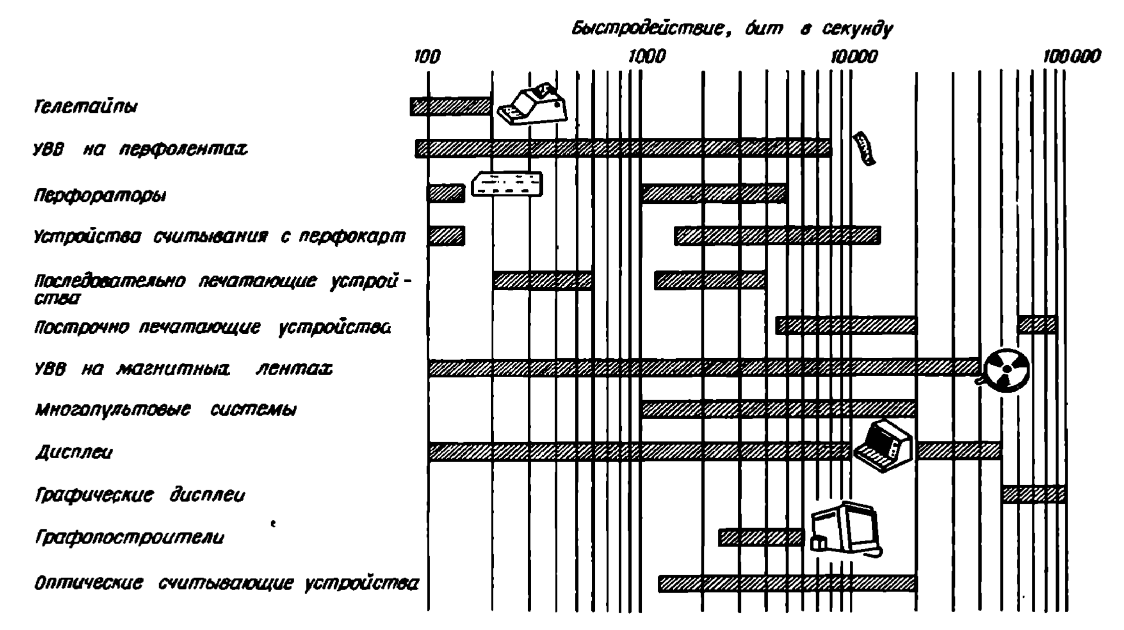


Рис. 41. Быстродействие различных типов устройств ввода—вывода, применяемых в терминалах

пителю нескольких низкоскоростных УВВ, буферное накопление информации, а затем передачу ее с высокой скоростью в основную ЭВМ для обработки. Управление работой нескольких УВВ (чаще всего ими служат клавишные пульты или телетайпы) осуществляется либо специальными устройствами, когда число пультов не превышает десятка, либо малыми ЭВМ. Последние обычно не только управляют вводом и выводом, но и выполняют предварительную обработку информации (преобразование кодов и форматов сообщений, редактирование и т. д.). Таким образом, многопультовые системы с малыми ЭВМ являются своеобразными местными центрами для сбора и предварительной обработки данных. Их стоимость составляет 150—200 тыс. долларов, а скорость обмена данными с основной ЭВМ — 4800 бод.

Дальнейшим развитием этого подхода является использование на оконечных пунктах терминалов, способных не только управлять отдельными УВВ или выполнять предварительную обработку информации, но и решать отдельные задачи пользователей, не прибегая к услугам основных ЭВМ. Подобные терминалы представляют собой сложные системы для дистанционного ввода — вывода, объединяющие разнообразные средства: ЭВМ с оперативной памятью в несколько десятков тысяч слов и соответствующим программным обеспечением, несколько специальных пультов, дисплеи, печатающие устройства, аппаратуру связи и т. д. Высокая скорость передачи данных (обычно 9600 бод) делает возможным ведение непосредственного диалога с основной ЭВМ и осуществлять ввод — вывод информации в реальном масштабе времени.

Для 70-х и 80-х годов будет характерно дальнейшее увеличение промышленного производства УВВ и терминалов. Объективными причинами этого будут:

— более чем двукратное увеличение численности парка ЭВМ в США и в связи с этим необходимость ввода и вывода большого объема данных;

— повышение производительности вычислительных машин, в результате чего обеспечивается возможность работы одной ЭВМ с большим числом УВВ;

— увеличение по крайней мере в три раза доли дистанционной обработки данных, что потребует установки значительного количества терминалов у различных пользователей.

По оценке американских специалистов, среднегодовые темпы объема производства УВВ в 1975—1985 гг., соста-

вят 10—11% и будут превышать темпы развития вычислительной техники в целом. Особенно высокими темпами — на 17—18% ежегодно — будет увеличиваться производство устройств, обеспечивающих дистанционный ввод и вывод информации, в результате чего к 1985 г. на них будет приходиться около 85% стоимости всего парка УВВ. Превращение в терминалы большей части устройств ввода — вывода следует считать, по-видимому, наиболее важным итогом рассматриваемого периода.

Рост промышленного производства будет сопровождаться качественным совершенствованием парка УВВ, о чем свидетельствуют изменения в распределении затрат между основными типами устройств ввода — вывода (рис. 42). Рассмотрим характер этих изменений.

Устройства ввода — вывода, использующие клавишные пульты как средство преобразования исходной информации в дискретную форму, будут иметь наибольший удельный вес в течение всего рассматриваемого периода. Однако перфокарты и перфоленты как промежуточные носители будут вытесняться магнитными лентами и дисками. Удельный вес перфокарточных устройств снизится с 20,5 до 5%, а перфоленточных устройств останется весьма незначительным. С конца семидесятых годов эти устройства, так же как и УВВ на магнитных лентах и дисках, станут применяться главным образом в составе многопультовых систем. Развитие последних будет направлено на удовлетворение следующих требований:

— увеличение вычислительной мощности для выполнения разнообразных операций по вводу и выводу данных (управление работой пультов, проверка, исправление, редактирование и сортировка информации, преобразование кодов и форматов сообщений и т. д.);

— снижение стоимости оборудования и эксплуатационных расходов по сравнению с автономными клавишными пультами;

— повышение надежности работы и исключение влияния отказов отдельных пультов на работу всей системы;

— обеспечение модульной конструкции, позволяющей изменять количество пультов без существенных затрат на реконструкцию и программирование.

Считается, что эти требования могут быть удовлетворены путем широкого использования методов микропрограммирования, создания пакетов управляющих программ и применения малых ЭВМ с постоянными запоминающими устройствами.

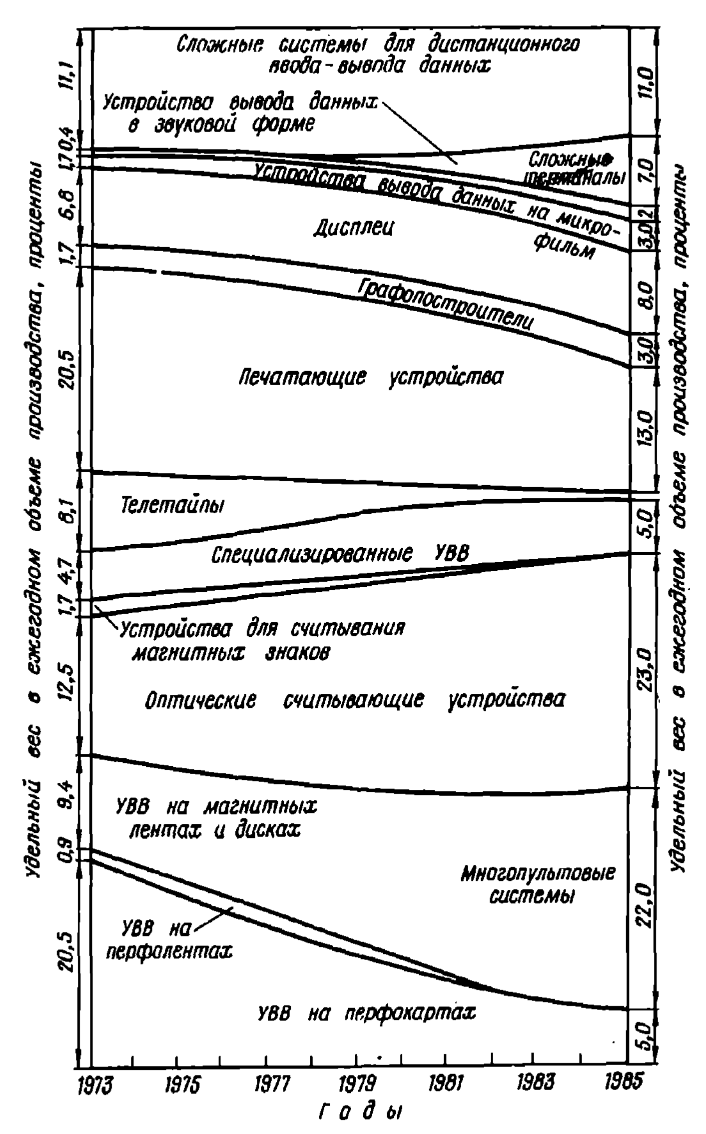


Рис. 42. Предполагаемая динамика изменения удельного веса (по ежегодному объему производства) различных типов устройств ввода—вывода в 1975—1985 гг.

Большое развитие получат оптические считывающие устройства, удельный вес которых повысится с 12,5 до 23%. Широкое использование этих устройств объясняется стремлением пользователей снизить эксплуатационные расходы, и прежде всего затраты на оплату операторов за клавишными пультами. Достижения в области оптического считывания позволят достаточно надежно читать печатные и рукописные документы, газетные и журнальные статьи, чертежи и фотоснимки. Оптические считывающие устройства в сочетании с пишущими машинками и фототелеграфными аппаратами смогут обеспечить ввод больших объемов информации. Ожидается, что их быстродействие уже к концу 70-х годов увеличится до 10 тыс. знаков в секунду, а стоимость снизится до 20—40 тыс. долларов.

В ближайшие несколько лет применение оптических считывающих устройств будет по-прежнему ограничиваться высокой стоимостью, строго фиксированным набором шрифтов, необходимостью качественной подготовки документов, подлежащих считыванию, сложностью обнаружения и исправления ошибок. Принципиально новые методы оптического считывания информации, которые, как предсказывает ряд специалистов, возникнут в конце 70-х годов, позволят резко повысить достоверность опознавания символов различного начертания и расширят области применения этих устройств.

Специализированные системы ввода — вывода будут и в дальнейшем применяться в тех областях, где информация представляется в строго формализованном виде. Объем их производства увеличится со 110 до 400 млн. долларов, а удельный вес изменится мало и не превысит 5%. Простота и низкая стоимость устройств ввода — вывода, используемых в этих системах, специализация на информацию определенного вида и простота обслуживания, допускающая работу малоквалифицированного персонала, делают чрезвычайно перспективным применение подобных систем на промышленных предприятиях, складах, в учреждениях, магазинах, больницах, учебных заведениях, отелях, диспетчерской службе и пр.

Устройства ввода — вывода электромеханического типа, предназначенные для получения копий печатных документов (телетайпы, печатающие устройства и графопостроители), будут довольно широко применяться в течение всего рассматриваемого периода, однако их удельный вес снизится с 30,3 до 13%. Уменьшение удельного веса произойдет в основном за счет телетайпов и подобных им низко-

скоростных устройств, выпуск которых во второй половине 80-х годов практически прекратится. Существенно повысится доля построчно печатающих устройств, использующих методы бесконтактной печати и обладающих высоким быстродействием. Это позволит уменьшить количество устройств подобного типа в вычислительных центрах и на оконечных пунктах и тем самым снизит потребность в них. Наиболее высокие темпы развития среди электромеханических устройств будут иметь графопостроители, объем продажи которых увеличится в 5—6 раз. Низкая стоимость обеспечит широкое распространение графопостроителей, хотя в общем объеме продажи их удельный вес будет невелик.

Очень широкое распространение получат дисплеи. Несмотря на существенное снижение стоимости, ожидаемое в будущем, объем их продажи увеличится в четыре раза и в 1985 г. составит 8% от общего объема. Применение больших интегральных схем позволит расширить объем внутренней памяти дисплеев, повысить способность к выполнению некоторых логических операций, а новая техника отображения с помощью твердотельных дискретных элементов значительно увеличит срок службы и надежность работы. Ожидается также, что появятся образцы графических дисплеев, обеспечивающие отображение трехмерных геометрических фигур за счет использования техники голографии.

Расширится производство и увеличится использование устройств вывода данных на микрофильм. Они уже в ближайшее время смогут работать со скоростью до 200 тыс. знаков в секунду и значительно повысят плотность записи информации. Со временем микрофильмы станут основным средством для длительного хранения больших информационных массивов. К концу 70-х годов основная часть данных, обработанных в вычислительных машинах, будет храниться на микрофильмах.

Устройствам вывода информации в звуковой форме предсказывают самые высокие темпы развития. Объем их ежегодной продажи к 1985 г. увеличится в 15—16 раз. Ожидается значительное снижение стоимости этих устройств, в результате чего они станут доступны многим пользователям. В противоположность им устройства для ввода информации голосом широкого распространения в этот период еще не получат. Распознавание звуковой информации связано с хранением и обработкой большого объема данных (например, объем цифровой информации,

соответствующей разговору секундной длительности, равен 18 тыс. бит), что требует применения высокопроизводительных ЭВМ. Кроме того, еще не решена проблема достаточно надежного распознавания речи, которая связывается с разработкой принципиально новых методов. Применение устройств для ввода информации голосом в период до 1985 г. будет, по-видимому, ограничено образцами, способными воспринимать немногим более ста слов.

В семидесятых годах увеличится использование сложных систем для дистанционного ввода — вывода информации, обеспечивающих непосредственную связь оператора с ЭВМ. Объем их производства к 1980 г. увеличится по сравнению с 1973 г. примерно в три раза. Такие системы будут служить основой для организации большинства оконечных пунктов и управлять работой устройств ввода — вывода других типов. Однако с первой половины 80-х годов удельный вес сложных систем начнет постепенно снижаться. Причиной этому послужит появление терминалов нового типа, рассчитанных на универсальное применение и обладающих большими возможностями по обработке информации.

Разработка универсальных терминалов является новым направлением в развитии устройств ввода — вывода. В основу их создания положен модульный принцип, позволяющий соединить в одной упаковке большое число стандартных модулей различного назначения. Сейчас в терминалах используются разнообразные устройства: клавишные пульты, различные типы промежуточных носителей, печатающие устройства, электронно-лучевые трубки, оперативные запоминающие устройства, интегральные схемы и пр. Эти устройства применяются в ограниченных сочетаниях, чем объясняется наличие нескольких сотен разнообразных типов терминалов. Универсальный терминал, имея основную, базовую конструкцию, сможет обеспечить самое широкое сочетание различных модулей, типы и число которых будут определяться конкретными потребностями пользователей.

Ожидается, что массовое применение универсальных терминалов начнется с конца 70-х годов, а к 1985 г. на них будет приходиться 6—7% общего объема продажи устройств ввода—вывода. По оценке фирмы «Ханиуэлл», около 23% общей стоимости такого терминала будет приходиться на математическое обеспечение, 29% — на оперативную и постоянную память, 11% — на конструкцию и 14% — на ло-

гические элементы. Остальная стоимость будет распределяться между стандартными модулями устройств ввода — вывода различных типов [18].

5.6. УСТРОЙСТВА ОТОБРАЖЕНИЯ

По своему функциональному назначению устройства отображения относятся к устройствам вывода информации, однако ввиду важности их места в АСУВ часто выделяются в отдельную категорию. Из всех типов устройств отображения наибольшей сложностью отличаются большие экраны.

В основе получения изображения на большом экране лежат четыре способа:

— непосредственное проецирование с экрана электронно-лучевой трубки;

— проецирование с использованием промежуточной записи изображения;

— использование дискретной техники;

— использование лазерной техники.

Очевидная простота первого способа, заключающегося в оптическом увеличении изображения, наблюдаемого на экране электронно-лучевой трубки (ЭЛТ), привлекла внимание многих специалистов, однако его практическая реализация встречается с рядом трудностей. Основная из них — отсутствие надежных ЭЛТ чрезвычайно высокой яркости. Поэтому метод непосредственного проецирования оказывается применим только для экранов небольших размеров.

Повысить яркость изображения на большом экране можно за счет разделения режимов генерирования изображения на экране ЭЛТ и проецирования, что реализуется в специальных проекционных трубках с электростатической записью изображения. В этих трубках вместо обычного экрана используется диэлектрическая пластина, способная сохранять электрические заряды при сканировании ее электронным лучом. Проявление изображения производится с помощью специального порошка, частицы которого распределяются по пластине с интенсивностью, соответствующей распределению зарядов. Полученное изображение можно проецировать на большой экран, используя внешний источник света. Для этого в трубке предусмотрены два прозрачных окна. Стирание изображения происходит путем нейтрализации зарядов на диэлектрической пластине. В существующих образцах трубок время проявления

изображения составляет 1 с, время стирания — 1,5—2 с, а время хранения изображения без существенного ухудшения его качества — около месяца.

Несмотря на достаточно высокие технические показатели, проекционные трубки не нашли широкого применения из-за ряда проблем эксплуатационного характера. Однако используемый в них принцип промежуточной записи изображения с последующим его проецированием стал основным принципом построения больших экранов. Главные усилия разработчиков в прошлом были направлены на поиск таких промежуточных носителей, которые наряду с высоким качеством изображения обеспечили бы минимальную задержку в отображении информации и уменьшили эксплуатационные расходы.

Самыми распространенными типами промежуточных носителей в 60-х годах были диапозитивы и фотопленки. В первом случае промежуточным носителем служат прозрачные пластины, покрытые слоем непрозрачного вещества. При записи информации непрозрачный слой удаляется с помощью специального резца, а затем полученное изображение воспроизводится на экране через проектор. Достоинства таких устройств заключаются в простоте, дешевизне и возможности получения качественного изображения на экранах большой площади. Основные недостатки — большое время изготовления диапозитива, зависящее от числа отображаемых символов, и невысокая надежность.

Другой вид промежуточного носителя — фотопленка применяется в так называемых устройствах промежуточного фильма. Здесь получение диапозитива происходит фотографическим способом: изображение с экрана ЭЛТ фотографируется на фотопленку, с которой после проявления печатается позитивное изображение, пригодное для проецирования на большой экран. Распространенность этого принципа объясняется тем, что он не требовал разработки новой технологии и его практическая реализация представляла лишь конструктивное оформление уже известных процессов. Имевшиеся ЭЛТ и фотопленки обеспечивали вполне приемлемую разрешающую способность, а использование мощных проекционных ламп обеспечивало необходимую яркость на экранах площадью в десятки квадратных метров.

Главными недостатками этих устройств являлись громоздкость, сложность обслуживания и большие эксплуатационные расходы. Чтобы обеспечить отображение информации в цвете, необходимо использовать одновремен-

по несколько проекторов с разными цветными фильтрами. Каждый проектор требует ежедневного профилактического обслуживания (промывки проявочных камер, смазки узлов подачи фотопленки, регулировки и т. д.). Наконец, для того чтобы показать любое, даже самое незначительное изменение обстановки, требуется фотографировать все изображение заново, что приводит к большим расходам пленки и других материалов.

Работы по совершенствованию устройств, работающих по принципу промежуточного фильма, направлены на поиски таких фотоматериалов, которые бы облегчили процесс обработки и упростили конструкцию аппаратуры. По мнению американских специалистов, материалы, пригодные для «идеального» фильма, должны иметь разрешающую способность не менее 200 линий/мм, контрастность 30 : 1, обеспечивать селективное стирание знаков и возможность многократного использования. В наибольшей степени указанным требованиям удовлетворяют фотохромные пленки, реагирующие на определенные участки светового спектра. Однако пока они не получили широкого распространения из-за того, что обладали малой чувствительностью и нестабильностью изображения при интенсивном просвете, приводящей к уменьшению контрастности. Практическое применение нашли пленки типа «кальвар», обладающие уникальной способностью проявления за счет простого нагревания. Но эти пленки в отличие от фотохромных не обеспечивают селективного стирания информации и многократно использоваться не могут.

Таким образом, проблема «идеального» фильма не решена. Наиболее близко подошли к разрешению этой проблемы промежуточные носители, обладающие способностью деформировать свою поверхность в зависимости от интенсивности нанесенных на них электрических зарядов. Принцип работы устройств отображения такого типа заключается в следующем. Материал промежуточного носителя наносится тонким слоем на проводящую поверхность. С помощью электронного луча, промодулированного видеосигналом изображения, на этом материале формируется потенциальный рельеф, в результате чего между зарядами материала и проводящей поверхности образуются силы взаимного притяжения. При нагревании силы внутреннего сцепления в материале ослабевают и частицы материала перераспределяются между участками, обладающими различными плотностями зарядов. После охлаждения на поверхности образуется застывшее изображение, которое

можно проецировать на большой экран. Стирание изображения достигается за счет нагрева материала и снятия поверхностного потенциала. Время проявления и стирания изображения происходит за доли секунды.

В качестве материала промежуточного носителя используются в основном масляные и термопластические пленки. Разработанные в середине 60-х годов устройства отображения на масляных пленках, хотя и нашли применение в ряде АСУВ, были слишком громоздкими и малонадежными. Новые образцы, созданные к началу 70-х годов, стали значительно компактнее (вес проектора уменьшился с 800 до 250 кг), а среднее время безотказной работы увеличилось с 50 до 200 ч. Однако основные недостатки этих устройств — невысокая разрешающая способность, необходимость поддержания вакуума, загрязнение катода электронной пушки масляными парами, сокращающее срок его службы,— устранить не удалось. В связи с этим в последнее время наблюдается повышенный интерес к термопластическим устройствам отображения.

Первое устройство подобного типа, появившееся в 1959 г., представляло усовершенствованный вариант известной системы отображения «Эйдофор», в которой масляная пленка была заменена термопластическим материалом, размягчающимся при температуре 60—100° С. Применение термопластического материала позволило получить более высокую разрешающую способность, но возможности термопластика этим далеко не исчерпывались.

В середине 60-х годов появилось термопластическое устройство отображения площадью экрана около 6 м^2, где была применена новая оптическая система «Тирп», основанная на использовании призм с полным внутренним отражением. В таком устройстве удалось обеспечить разрешающую способность 40 линий на 1 мм, а в одном из его вариантов — 60 линий на 1 мм. Дальнейшим усовершенствованием системы «Тирп» явилось одновременное проецирование нескольких записей через одну проекционную систему, что позволило обеспечить отображение информации в нескольких цветах, а также получить хорошую точность совмещения статической (фоновой) информации с динамической.

Однако указанные термопластические устройства имели ряд существенных недостатков. Запись информации с помощью электронного луча требует помещения термопластика и электронной пушки в глубокий вакуум, что усложняет конструкцию и надежность работы аппаратуры. Тех-

нологически сложно оказалось обеспечить стабильность параметров электронного луча при прохождении его через атмосферу термопластика, что сказывается на качестве изображения и равномерности контраста по всему полю экрана.

Интенсивные исследования, направленные на совершенствование техники записи на термопластическом материале, привели к созданию устройств «открытого» типа, которые не требовали вакуумной изоляции основных рабочих узлов. В одном из таких устройств для переноса заряда на термопластик используется явление электрического пробоя воздушного слоя, разделяющего две прозрачные пластины. Внешняя поверхность каждой пластины содержит по 2 тыс. ортогональных проводников. При прохождении тока в узле пересечения двух выбранных проводников при напряжении около 750 В возникает электрический пробой воздушного слоя и заряд переносится на термопластический материал, покрывающий внутреннюю поверхность одной из пластин. Затем материал нагревается и деформируется. Разрешающая способность устройства определяется числом проводников и соответствует 2 тыс. телевизионных линий, а процесс записи и проявления информации занимает 0,5 с.

В других устройствах запись информации на термопластике происходит с помощью обычной световой энергии. Для этого термопластический материал покрывается фотопроводящим слоем, на котором экспонируется изображение с экрана ЭЛТ. Фотопроводящий слой под действием светового потока меняет свою проводимость, и поэтому приложенное внешнее напряжение заряжает участки термопластика в неодинаковой степени. В остальном процесс отображения не отличается от рассмотренного ранее. Разрешающая способность этих устройств, получивших название фотопластических, составляет 50 линий на 1 мм, хотя в принципе может быть гораздо выше.

Таким образом, из всего многообразия способов получения изображения на большом экране широкое практическое распространение к настоящему времени получил лишь способ проецирования с использованием промежуточных носителей, причем в качестве последних применялись главным образом диапозитивы, фотопленки, масляные и термопластические пленки.

В табл. 19 приведены технические характеристики больших экранов, достигнутые с помощью наиболее распространенных способов отображения.

Таблица 19

Технические характеристики некоторых типов больших экранов

Технические характеристики	Типы больших экранов			
	с использованием промежуточного фильма	с использованием диапозитивов	с использованием масляных пленок	с использованием термопластических материалов
Площадь экрана, м²	Несколько десятков			До 6
Яркость, нт	До 80*	До 130*	До 60*	90
Контрастность	100:1	100:1	70:1	3:1
Разрешающая способность, линий на мм	25—50	25—30	4—5	40—60
Точность совмещения динамической информации со статической, % от высоты экрана	1,0	0,2	0,5	0,1
Задержка в отображении, с	10—15	До 120**	0,05	0,5
Среднее время безотказной работы, ч	До 180	До 750	До 150	До 200

* В зависимости от размера экрана.

** В зависимости от числа отображаемых символов.

Развитие устройств отображения в ближайшее десятилетие будет сопровождаться существенными качественными изменениями. В 60-е годы не была решена проблема создания экранов для тактического звена управления. Устройства отображения, в которых использован принцип промежуточной записи на диапозитивы, фотопленки и масляные пленки, оказались слишком громоздкими для установки на подвижных объектах и малонадежными при работе в полевых условиях, а проекционные трубки, которые применяются сейчас, обладают существенными эксплуатационными недостатками. Считается, что для экранов тактического звена управления требуется разработка принципиально новой техники отображения.

Важными проблемами являются повышение быстродействия и надежности работы больших экранов. Они должны обеспечивать задержку в отображении, не превышающую 1—2 с, а среднее время их безотказной работы должно составлять 2—3 тыс. ч для стационарных и 8—10 тыс. ч для подвижных объектов. Достижение этих показателей, которым существующие большие экраны уступают в несколько раз, связывается с применением новой техники.

Перспективная техника устройств отображения включает усовершенствованные типы промежуточных носителей, применяемых для записи информации с последующим проецированием, лазерную и дискретную технику.

В качестве промежуточных носителей наиболее перспективным считается применение фотохромных, термопластических, фотопластических и тонкопленочных магнитных материалов.

Фотохромизм — способность материалов обратимо изменять окраску или оптическую плотность при воздействии светового излучения. В нормальном состоянии фотохромный материал является прозрачным для видимого света, но под воздействием световых волн, лежащих в диапазоне ультрафиолетового участка спектра, становится непрозрачным. Обратный переход в состояние прозрачности происходит под воздействием тепла или более длинных световых волн.

Для записи изображения на фотохромную пленку применяются ЭЛТ, обладающие высокой энергией ультрафиолетового излучения. Чтобы уменьшить световые потери, подвод ультрафиолетовых лучей от экрана трубки до пленки осуществляется с помощью волоконной оптики. Для получения изображения на большом экране используются внешний источник света и обычные проекционные системы. Имеются также устройства, где запись на фотохромную пленку производится лазерным лучом.

Широкие перспективы применения фотохромных материалов обусловлены такими их свойствами, как восстанавливаемость, обеспечивающая многократное использование пленок, возможность селективного стирания информации, высокая разрешающая способность, достигающая 3 тыс. линий на 1 мм, и сравнительная нечувствительность к обычному освещению, позволяющая экспонировать пленки при дневном свете.

Одним из основных недостатков фотохромных материалов является некоторая нестабильность изображения, вызываемая тем, что в непрозрачном состоянии молекулы материала обладают большой энергией и, следовательно, неустойчивы. Время сохранения изображения, зависящее от вида фотохромного материала и энергии освещения, колеблется от долей секунды до нескольких часов.

Работы по совершенствованию термопластических и фотопластических устройств отображения направлены в основном на повышение качества изображения: разрешающей способности, яркости и контрастности. С этой точки зрения фотопластические материалы обладают рядом пре-

имуществ. Они, в частности, способны обеспечить разрешающую способность около 1000 линий на мм, что в 10—15 раз превышает возможности обычного термопластика. Важной проблемой при конструировании термопластических и фотопластических устройств остается совершенствование оптических систем, а также получение цветных изображений.

Применение тонкопленочных магнитных материалов является принципиально новым направлением в технике отображения. Оно основано на свойстве неодинакового отражения света участками магнитного рельефа, создаваемого на поверхности некоторых материалов. Возможно также создание устройств отображения, основанных на использовании принципа изменения оптической плотности ряда магнитных материалов путем образования и перемещения в них магнитных «пузырьков». Подобный принцип уже рассматривался в главе 6 при описании запоминающих устройств на цилиндрических магнитных доменах. Устройства отображения на магнитных материалах находятся пока в стадии экспериментальных разработок. Если удастся разрешить проблему получения качественного изображения, то они могут получить в будущем широкое распространение благодаря высокой надежности, компактности и практически неограниченному сроку службы.

Принцип работы лазерных устройств отображения во многом напоминает принцип работы электронно-лучевых трубок: они формируют световой луч, модулируют его и отклоняют в нужную точку на экране. Состоят такие устройства из трех основных элементов: лазера как источника светового луча, модулятора света, предназначенного для управления интенсивностью лазерного излучения в соответствии с временной разверткой изображения, и экрана. Получение изображения на экране достигается несколькими методами: прямым наблюдением, когда на экран направляется собственный свет лазера; управлением излучением материала экрана, выполненного из активных элементов; управлением оптическими характеристиками пассивных элементов экрана и записью информации на промежуточном носителе с последующим проецированием.

Перспективность использования лазерных устройств отображения определяется прежде всего такими достоинствами, как высокая разрешающая способность и яркость на экранах большой площади, возможность получения качественного изображения в цвете, а также принципиальная возможность получения трехмерных изображений.

В настоящее время основные направления работ направлены на создание лазеров с необходимыми характеристиками, совершенствование методов отклонения лазерного луча и разработку материалов для пассивных и активных экранов.

Опытные образцы лазерных устройств, созданные в последнее время, основаны на различных принципах работы. В одном из них луч от аргонового лазера, проходя через дисперсионную призму, разлагается на красный, зеленый и синий лучи, которые модулируются информацией, записанной на магнитном барабане. Развертка лучей на экране площадью 3,2 м^2 производится с помощью зеркал. Устройство обеспечивает качественное отображение в семи цветах при разрешающей способности 512 линий. В другом устройстве для отклонения лазерного луча используется акустический способ, основанный на создании в отклоняющей среде бегущих или стоячих волн и изменении за счет этого коэффициента преломления света. Наиболее близко к стадии промышленного производства подошли устройства, где лазерный луч используется для записи информации на промежуточный носитель, в качестве которого применяются электролюминесцентные ячейки и фотохромные пленки. Устройства последнего типа представляются сейчас наиболее перспективными.

Достоинства и недостатки перспективных способов отображения информации на большом экране приведены в табл. 20.

Экраны дискретных устройств отображения представляют матрицы из отдельных элементов, способных излучать свет или менять свою прозрачность в зависимости от величины приложенного напряжения. Управляя каждым элементом экрана, можно получать различные конфигурации изображения. К настоящему времени известно множество элементов, пригодных для использования в дискретных устройствах отображения. Среди них перспективными считаются светоизлучающие диоды, жидкие кристаллы, плазменные панели и электролюминесцентные элементы.

Светоизлучающие диоды — полупроводниковые приборы, в которых используется явление инжекционной электролюминесценции, наблюдаемой в *p—n*-переходах, включенных в прямом направлении. Первые образцы, изготовленные в 1968 г., излучали только красный свет, в настоящее время освоено производство диодов с широким спектром цветов. Изготовляются они обычно в виде модулей, способных отобразить один знак. Набор таких модулей образует экран нужного размера (рис. 43).

Таблица 20

Перспективные способы отображения информации на большом экране

Типы устройств отображения	Достоинства	Недостатки	Состояние
Термопластические	Работа в реальном масштабе времени. Возможность отображения информации в цвете	Ограниченный срок службы. Сложность конструкции. Невысокое качество изображения. Сложность оптической системы	Производство
Фотопластические	Очень высока разрешающая способность. Простота конструкции. Работа в реальном масштабе времени. Возможность отображения информации в цвете	Сложность оптической системы. Технологическая сложность. Невысокая контрастность и качество изображения	Опытное производство
Фотохромные	Очень высокая разрешающая способность. Нечувствительность к обычному свету. Возможность селективного стирания информации. Высокое качество информации	Ухудшение контрастности при интенсивном просвете. Использование специальных ЭЛТ. Задержка в отображении информации	Опытные разработки
Магнитные	Высокая надежность. Компактность. Большой срок службы	Низкое качество изображения. Технологическая сложность. Влияние внешних магнитных полей	Экспериментальные разработки
Лазерные	Высокая яркость и разрешающая способность. Отображение информации в цвете. Большая площадь экранов	Сложность конструкции. Высокая стоимость	Опытные разработки

Экраны, выполненные на светоизлучающих диодах, отличаются высокой надежностью и устойчивостью к ударным нагрузкам. Они обеспечивают достаточно большую яркость и высокое быстродействие. Их стоимость, составлявшая вначале 60 долларов на знак, снизилась к настоящему времени до 10 долларов, а в перспективе ожидается

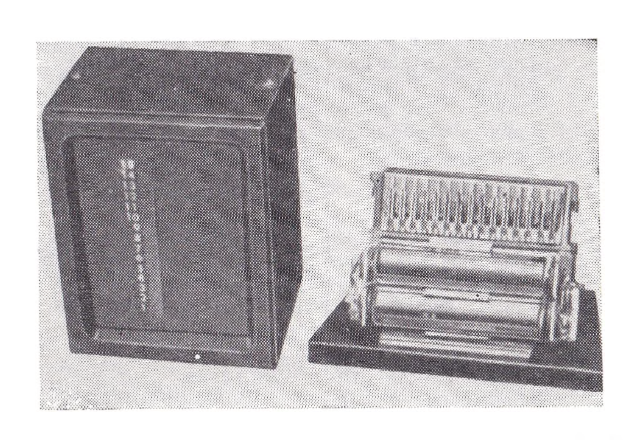


Рис. 43. Вид цифрового вольтметра с экраном, выполненным из светоизлучающих диодов

снижение стоимости до 2—3 долларов. К недостаткам этих экранов относится сложность управляющей электроники и зависимость световой энергии от температуры. Так, например, уменьшение интенсивности излучения в два раза при температуре 25° С наблюдается после 250 тыс. ч непрерывной работы, а при температуре 50° С после 25 тыс. ч.

Жидкие кристаллы — это материалы, меняющие свою прозрачность под действием приложенного напряжения. Они помещаются в виде тонкого слоя толщиной в 10 микрон между прозрачными пластинами с электродами, на которые подается постоянное напряжение в несколько вольт. Изменение прозрачности жидкого кристалла таково, что при просвете пластин на экране обеспечивается контраст 20 : 1. Главным достоинством устройств отображения на жидких кристаллах является незначительное потребление мощности — доли милливатта на знак, что позволяет питать их от небольших батарей. Стоимость этих устройств, составляющая сейчас 5 долларов на знак, может снизиться во второй половине 70-х годов на порядок. К их недостаткам относится некоторая задержка в отображении

информации (сотни миллисекунд), вызываемая длительностью процесса ионизации жидкого кристалла, а также невысокая долговечность. Проводимые исследования показывают, что при использовании переменного напряжения задержка информации уменьшается, а срок службы увеличивается примерно на порядок.

Использование плазменных панелей основано на свечении инертных газов при их ионизации. Типичная панель состоит из трех прозрачных пластин. Внутренняя пластина содержит отверстия, заполняемые смесью неона и азота, а на внешние наносятся электроды. Суммарное напряжение, образуемое в области пересечения электродов, вызывает процесс ионизации газовой смеси или прекращает его. Плазменные панели обладают чрезвычайно большой яркостью, достигающей 3 тыс. нит, и относительно высоким сроком службы. Их разрешающая способность составляет две-три ячейки на миллиметр, но может в перспективе увеличиться в несколько раз. Для этого необходимо устранить взаимное влияние на процесс ионизации близко расположенных ячеек. Стоимость устройств отображения этого типа составляет в настоящее время 5 долларов на знак.

В электролюминесцентных устройствах отображения, так же как и в светоизлучающих диодах, применяются полупроводниковые материалы, способные излучать свет под воздействием электрического поля. Однако физические принципы работы этих устройств совершенно другие: излучение света происходит не в граничном слое, разделяющем полупроводниковый материал с разными типами проводимости, а во всей массе материала за счет рекомбинации свободных зарядов, создаваемых внешним полем. Для таких зарядов нужны сильные электрические поля, поэтому рабочее напряжение электролюминесцентных устройств составляет сотни вольт.

Типичная электролюминесцентная ячейка представляет собой своеобразный конденсатор, обкладками которого служат электроды, а диэлектриком — светоизлучающий материал. Существуют два подхода к созданию электролюминесцентных устройств отображения. Первый подход основан на использовании элементов, не обладающих собственной памятью. Такие элементы излучают свет только при воздействии управляющего напряжения, которое для исключения мерцания изображения должно иметь высокую частоту. Получаемые устройства отображения относительно просты, но обладают невысокой яркостью или при до-

статочной яркости — относительно небольшим сроком службы.

При наличии памяти у каждого элемента управляющее напряжение требуется подавать лишь в том случае, когда нужно изменить его состояние. Такой подход обеспечивает яркость порядка 25 нт и срок службы более 10 тыс. ч. Несмотря на увеличение сложности управляющей электроники, этот подход является более перспективным. Стоимость электролюминесцентных устройств отображения в ближайшем будущем должна составить 3—4 доллара на знак.

Перспективные и существующие характеристики дискретных устройств отображения представлены в табл. 21.

Современный уровень развития техники устройств отображения и ожидаемый прогресс позволяют сделать прогноз относительно того, какая техника будет использоваться для больших экранов и индивидуальных устройств отображения в период 1975—1985 гг. (табл. 22).

В устройствах типа большой экран в период с 1975 по 1980 гг. начнут широко применяться фотохромные и фотопластические материалы, которые будут постепенно вытеснять технику отображения, применяемую в настоящее время. После 1980 г. найдут применение устройства, использующие лазерную и дискретную технику.

В экранах для тактического звена управления в 70-е годы будет постепенно повышаться удельный вес термопластических устройств. Ведущей техникой отображения 80-х годов станут фотохромные и фотопластичные материалы, а также дискретная техника. Применение в этих экранах лазерной техники представляется сомнительным.

В индивидуальных устройствах отображения, входящих в состав автоматизированных рабочих мест, в 70-е годы будут по-прежнему применяться электронно-лучевые трубки в сочетании с диапозитивами для отображения картографического фона. Со второй половины 70-х годов начнет повышаться удельный вес термопластических устройств и начнут применяться экраны из светоизлучающих диодов. С 80-х годов удельный вес дискретной техники будет быстро повышаться. Вслед за светоизлучающими диодами начнут применяться плазменные панели и жидкие кристаллы.

Применение дискретной техники в индивидуальных устройствах отображения алфавитно-цифровой информации будет идти особенно быстрыми темпами, поскольку ее пре-

Таблица 21

Характеристики различных технологий, перспективных для применения в дискретных устройствах отображения

Характеристики	Светоизлучающие диоды		Жидкие кристаллы		Плазменные панели		Электролюминесцентные элементы	
	существующие	перспективные	существующие	перспективные	существующие	перспективные	существующие	перспективные
Яркость, нит	100—200	500	100	200	300	До 3000	25	150
Разрешающая способность, элементы на мм	1	2	2	3	3	6—8	0,5	2
Задержка в отображении, с	10^{-8}	10^{-8}	До 0,5	10^{-2}	10^{-2}	10^{-2}	10^{-2}	10^{-2}
Потребляемая мощность, МВт на знак	200	50	0,05	0,05	5	3	1500	1000
Срок службы, ч	100 000	300 000	1000	10 000	10 000	30 000	5000	30 000
Стоимость, долларов на знак	7	2—3	5	0,5	2—3	0,5	8	3

Таблица 22

Перспективы применения различной техники отображения в устройствах военного назначения в 1975—1985 гг.

Типы устройств отображения	1975 г.	1980 г.	1985 г.
Большие экраны	Промежуточный фильм. Диапозитивы. Масляные пленки. Термопластические пленки. Фотохромные пленки	Промежуточный фильм. Термопластические пленки. Фотопластические пленки. Фотохромные пленки	Термопластические пленки. Фотопластические пленки. Фотохромные пленки. Лазеры. Светоизлучающие диоды. Жидкие кристаллы
Индивидуальные устройства отображения графической и алфавитно-цифровой информации	Электронно-лучевые трубки. Диапозитивы. Термопластические пленки	Электронно-лучевые трубки. Термопластические пленки. Светоизлучающие диоды	Термопластические пленки. Фотопластические пленки. Светоизлучающие диоды. Жидкие кристаллы. Плазменные панели
Индивидуальные устройства отображения алфавитно-цифровой информации	Электронно-лучевые трубки	Светоизлучающие диоды. Электронно-лучевые трубки	Светоизлучающие диоды. Жидкие кристаллы. Плазменные панели. Электролюминесцентные элементы. Электронно-лучевые трубки

восходство над электронно-лучевыми трубками проявится прежде всего для устройств, обладающих экранами небольших размеров. Американскими специалистами произведен прогноз применения различной техники отображения в устройствах этого типа, данные которого показывают, что дискретная техника сможет конкурировать с электронно-лучевыми трубками уже к концу 70-х годов. Применение светоизлучающих диодов к этому времени станет более эффективным, чем применение электронно-лучевых трубок, а в первой половине 80-х годов к светоизлучающим диодам прибавятся плазменные панели и жидкие кристаллы. Электролюминесцентные элементы, уступая другим представителям дискретной техники по эффективности применения в устройствах типа дисплей, могут оказаться полезными при создании новых индикаторных устройств [41, 55, 65, 73].

Глава 6
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

6.1. ОБЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ

По своей природе математическое обеспечение отличается от остальных составляющих вычислительной техники, поскольку не является физическим устройством. Эта особенность, которая подчеркивается английским термином *software* (в дословном переводе — «мягкое оборудование»), чрезвычайно затрудняет получение количественных оценок. Статистические данные различных организаций даже по такому универсальному критерию, как стоимость, отличаются между собою в значительной степени. Например, в одном из исследований ВВС США [42] указывается, что ежегодные затраты ВВС на разработку математического обеспечения составляют от 1 до 1,5 млрд. долларов и превышают затраты на оборудование в три раза. Такой же вывод делается относительно всех наиболее значительных проектов создания автоматизированных систем управления, а общая ежегодная стоимость математического обеспечения в целом по США оценивается в 10 млрд. долларов. Другие организации придерживаются более скромных цифр и считают затраты на математическое обеспечение и оборудование примерно равными [18].

Однако, несмотря на расхождение в количественных оценках, все специалисты без исключения сходятся во мнении, что затраты на математическое обеспечение растут более быстрыми темпами, чем на оборудование, и в будущем существенно превысят их. Эта тенденция иллюстрируется рис. 44, где отражены многочисленные прогнозы подобного рода. На основании их можно сделать вывод, что к середине 80-х годов стоимость математического обеспечения в несколько раз превысит стоимость оборудования ЭВМ.

Развитие этой своеобразной промышленности с миллиардными оборотами и огромным количеством занятых людей сопровождается характерными структурными изменениями. Математическое обеспечение по универсальности применения делят обычно на две части: общую и специальную. Первая, объединяющая операционную систему и

систему программирования, служит для организации вычислительного процесса, его контроля, автоматизации программирования и обеспечения отладки алгоритмов и программ. Она мало зависит от специфики конкретных прикладных задач, но весьма тесно связана с характеристиками и структурой ЭВМ. Традиционными разработчиками общего математического обеспечения, на долю которого в 60-х годах приходилось более 80% общих затрат, являются производители оборудования.

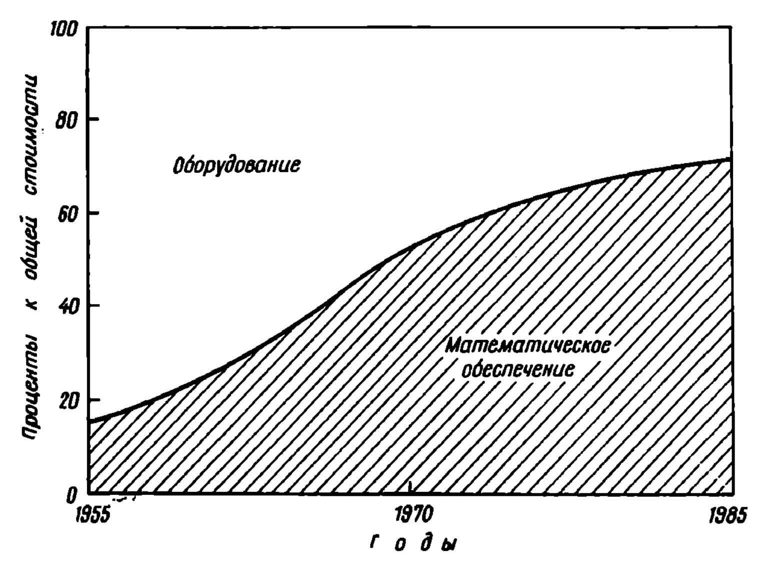


Рис. 44. Изменение соотношения между стоимостью оборудования вычислительных машин и математического обеспечения

Специальное математическое обеспечение, включающее программы прикладных задач, приобретается пользователем в виде унифицированных пакетов программ или разрабатывается по контрактам производителями оборудования и специализированными организациями. Последние до недавнего времени выполняли сравнительно небольшой объем работ, ограничиваясь в основном военными заказами, и не могли конкурировать с производителями оборудования, обладающими большим опытом работы и квалифицированными кадрами. Однако в условиях острой нехватки программистов, увеличивающейся сложности общего математического обеспечения и растущей потребности в

прикладных задачах производители оборудования вынуждены сосредоточить свое внимание на разработке унифицированых пакетов программ, оставляя на долю специализированных организаций программирование по контрактам. Сначала пакеты программ поставлялись производителями оборудования в составе операционной системы, а теперь выделены из нее и поставляются отдельно.

Предусматривающееся в дальнейшем полное разделение поставок оборудования и математического обеспечения имеет большое значение для развития организаций, специализирующихся на разработке математического обеспечения и в наибольшей степени учитывающих потребности пользователей. В будущем именно они будут заниматься поставками специального математического обеспечения, оставив производителям оборудования заботы по разработке операционных систем. Согласно прогнозам американских специалистов стоимость общего математического обеспечения, разрабатываемого производителями оборудования, увеличится за 70-е годы всего в 1,6 раза, тогда как специального — почти в восемь раз [18]. Таким образом, наиболее характерными тенденциями в развитии математического обеспечения в текущем десятилетии следует считать значительное повышение удельного веса специального математического обеспечения и его основной формы — пакетов прикладных программ, а также постепенное вытеснение из этой сферы производителей оборудования.

Увеличение «продукции» математического обеспечения будет происходить главным образом за счет повышения производительности труда программистов, а не увеличения их числа. Между тем факторы, влияющие на производительность труда (согласно исследованиям фирмы *SDC* их насчитывается более 100), пока еще недостаточно изучены.

Очень часто производительность труда программистов оценивают по скорости программирования — среднему числу команд, составленных и отлаженных на машине в течение определенного времени. Скорость программирования также зависит от многих факторов. В наибольшей степени на нее влияют индивидуальные способности человека (крайние значения скоростей программирования различных людей относятся как 26 : 1). Для программистов одинаковой квалификации весьма существенным является опыт программирования определенного класса задач, что может сократить время составления и отладки программы в три-четыре раза. Следующий по важности фактор — язы-

ки программирования. Процесс составления программ для задач определенного класса может быть значительно ускорен, если использовать языки, специально предназначенные для задач этого класса. Исследования показали, например, что программирование задач научного характера на языке *PL/1*, являющемся в настоящее время наиболее универсальным, занимает в два раза больше времени, чем на языке *FORTRAN*, и примерно в четыре раза больше, чем на некоторых специальных языках. Существенное увеличение скорости программирования достигается также за счет дальнейшей автоматизации процессов кодирования, ввода, проверки, исправления, редактирования и отладки программ.

Таким образом, повышение скорости программирования за счет выбора и подготовки наиболее способных кадров, применения специальных языков пользователей, рассчитанных на определенный класс задач, а также автоматизации работы программистов на основных этапах составления программ остаются важными средствами дальнейшего увеличения производительности труда программистов. Но, пожалуй, самым главным средством решения этой проблемы в ближайшие десять лет будет структурное программирование.

О структурном программировании как о новом самостоятельном направлении стали говорить только последние два года. Это понятие объединяет определенные правила составления и анализа программ, а также методы организации процесса разработки математического обеспечения.

Предлагаемые правила составления программ направлены прежде всего на повышение понятности логики и облегчение восприятия программы не только ее составителем, но и другими программистами. Это достигается за счет упрощения структуры программы, исключения из ее состава сложных команд управления, повышения уровня модульности, введения понятных обозначений и т. д. Как известно, в составе современных языков программирования существует ряд команд передачи управления (так называемых переходов), по которым в зависимости от тех или иных условий может меняться последовательность выполнения команд в программе. Наличие переходов от одной части программы к другой чрезвычайно затрудняет понимание логики программы, а при ее отладке не позволяет быстро определить, какое условие имеется в данный момент, какие части программы уже выполнены, а какие нет. В структурном программировании организация управления

в программе ограничена только тремя способами: прямой последовательностью, выбором и повторением, что позволяет исключить команды переходов.

В качестве пояснения практического применения принципов структурного программирования можно привести следующий простой пример. Пусть нужно вычислить функцию $F(x)$ для трех объектов: A_1, A_2, A_3, каждый из которых характеризуется определенным значением независимой переменной: x_1, x_2, x_3. Обычная логика программы, составленная на каком-либо языке высокого уровня, может выглядеть следующим образом:

если объект A_1, то перейти к 2;
если объект A_2, то перейти к 1;
$x=x_3$
  перейти к 3;
1. $x=x_2$
  перейти к 3;
2. $x=x_1$
3. вычислить $F(x)$.

Чтобы понять, что происходит в данной программе, программист должен уяснить все указанные условия: если рассматриваемый объект является A_1, то необходимо перейти к строке, отмеченной признаком 2; здесь независимой переменной присваивается значение x_1 и затем вычисляется значение $F(x_1)$. Если же условие первой строки не выполняется, то во второй строке проверяется, является ли рассматриваемый объект объектом A_2. В случае справедливости этого условия управление передается пятой строке с признаком 1, а после присвоения переменной значения x_2 управление передается последней строке с признаком 3 и вычисляется значение $F(x_2)$. Наконец, если условия первых двух строк не выполняются, то переменной присваивается значение x_3 и управление передается последней команде, по которой вычисляется $F(x_3)$.

Эта же программа, составленная по правилам структурного программирования, выглядит намного понятнее:

если объект A_1
$x=x_1$,
или если объект A_2
$x=x_2$;
в противном случае $x=x_3$;
конец условий
вычислить $F(x)$.

Подобные правила составления программ применимы почти ко всем языкам программирования, но особый эффект достигается при использовании языка *PL/I*.

Следующий важнейший элемент структурного программирования — метод анализа и отладки сложных систем математического обеспечения, получивший название метода «сверху — вниз». Он предусматривает тщательный предварительный анализ всей системы в целом и доведение ее до функциональных программных модулей длиною не более 50 команд [1]. Каждый такой модуль предназначен для выполнения какого-либо функционально законченного действия и должен иметь один вход и один выход. Отсутствие программных переходов из модуля в модуль позволяет использовать их автономно в любой части программы и исключает необходимость разработки аналогичных модулей каждым программистом для своей программы. Таким образом достигается общая экономия трудозатрат за счет более эффективного использования общих ресурсов системы. Кроме того, применение метода анализа «сверху — вниз» позволяет начинать отладку всей системы в целом, не дожидаясь изготовления всех программных модулей, поскольку вход и выход каждого из них определены заранее и могут быть смоделированы.

Большое внимание в структурном программировании уделяется организационным вопросам. В настоящее время наиболее перспективной формой организации работ по созданию сложных систем математического обеспечения считается «бригада главного программиста» [42]. Ядром такой бригады, комплектуемой из 5—8 человек для разработки системы математического обеспечения объемом не более 100 тыс. команд, являются главный программист, несущий основную ответственность за проект, и секретарь. В обязанность главного программиста входит предварительный анализ проекта метода «сверху — вниз», распределение работы между членами бригады и контроль за их работой. Основной обязанностью секретаря является ведение так называемой бибилиотеки разработки. Она состоит из программных модулей, их описания, журнала текущей работы и архива. В журнале фиксируются результаты работы каждого программиста по составлению, отладке и испытанию программных модулей. «Отходы» их работы отправляются в архив и хранятся до завершения всей работы, поскольку

---

[1] Здесь и далее имеется в виду команда, записанная на исходном языке программирования.

считается, что и в «отходах» содержится полезная информация, которая со временем может пригодиться. Обмен программными модулями производится только через секретаря, а их содержимое не может произвольно меняться программистами, как это бывает при обычной практике. Сами модули, составленные по правилам структурного программирования, легко «воспринимаются» каждым членом бригады, в том числе и главным программистом, который может таким образом эффективно контролировать работу товарищей.

Считается, что основное достоинство такой организации работы заключается в том, что индивидуальная и обычно скрытая для всех работа отдельного программиста заменяется коллективным трудом, результаты которого «понятны» каждому члену бригады.

На первый взгляд, в изложенных принципах структурного программирования нет ничего нового, а опытные программисты давно уже применяют многие подобные принципы на практике. Однако результаты, достигнутые с помощью структурного программирования, оказываются столь значительными, что заставляют пересмотреть первоначальное скептическое отношение. Сообщается, например, что уже только одно исключение команд передачи управления при составлении программ снижает стоимость отладки в два раза, а использование бригад главного программиста сокращает сроки подготовки программ в несколько раз.

Указанные выше пути повышения производительности труда программистов дают основания надеяться на существенное увеличение скорости программирования в будущем. Ожидается, что к 1985 г. программист средней квалификации сможет составлять в месяц около 1500 команд вместо 200—300 в 1970 г. (рис. 45).

Однако скорость программирования является далеко не универсальным показателем, поскольку не учитывает многих аспектов и прежде всего — качества программирования. Последнее может оцениваться по времени решения задачи, точности счета, количеству ошибок, надежности решения и, наконец, просто по соответствию программы своему назначению. Все эти показатели находятся между собой в сложной зависимости. В одном из экспериментов двум группам программистов было дано задание составить программы решения одной и той же задачи, исходя из разных критериев: времени программирования и времени решения задачи на машине. Первая группа составила программу в два раза быстрее, зато ее задача решалась в

шесть раз дольше. В тех случаях, когда программы рассчитаны на неоднократное применение, быстрота их решения имеет несравненно большее значение, чем быстрота программирования, и поэтому программе второй группы следует отдать предпочтение. С другой стороны, жесткие требования к надежности решения могут существенным образом повлиять на быстроту решения и пользователь, исходя из этих требований, будет вынужден отдать предпочтение более «медленной» программе.

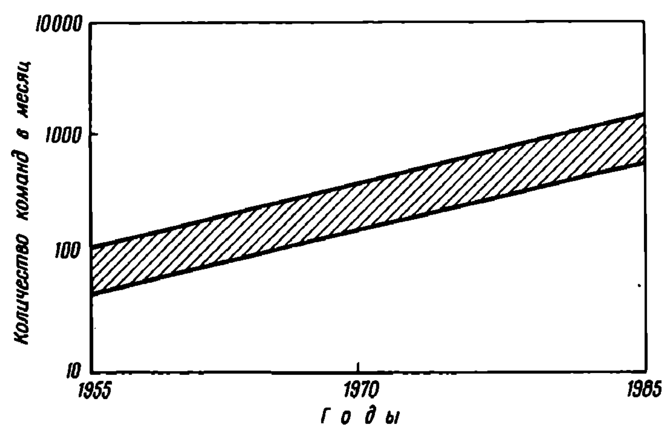


Рис. 45. Рост производительности труда программиста средней квалификации

Вообще с надежностью решения связано сейчас немало проблем. Отлаженные и неоднократно проверенные программы зачастую оказываются плохо приспособленными к работе в реальных условиях. Примером этому могут служить даже такие, казалось бы, самые надежные программы, которые разрабатываются для обеспечения пилотируемых космических полетов. По свидетельству самих американцев, в процессе полета космического корабля «Аполлон-8» изменилось непредвиденным образом содержимое некоторых управляющих слов в оперативной памяти ЭВМ; при посадке на Луну корабля «Аполлон-11» в бортовую ЭВМ стала поступать ненужная информация, отвлекшая космонавта Армстронга от процесса посадки, а в течение 10-дневного полета корабля «Аполлон-14» в математическом обеспечении было выявлено 18 ошибок, не приведших, к счастью, к серьезным последствиям. В то же время ошибки в программе бортовой ЭВМ на французском метеорологическом спутнике привели к взрыву 72 атмосферных дат-

чиков, на которые вместо сигналов опроса были выданы сигналы самоуничтожения. Еще менее надежными оказываются программы общего назначения. В каждом новом применении операционной системы *OS/360* обнаруживается порядка 1000 новых ошибок, причем половина из них является следствием неправильной логики при создании программы или ее модификации.

Немаловажной проблемой остается еще невысокая степень соответствия выполненных программ своему назначению из-за того, что первоначальные требования на их разработку формулируются в достаточно общем виде и начинают уточняться лишь после того, когда система испытывается пользователями. На этом этапе пользователи обнаруживают, что система решает не совсем те задачи и не совсем так, как это нужно, начинается процесс модификации уже готовых программ и пересмотр первоначальных концепций. Согласно статистическим данным, чтобы удовлетворить требованиям пользователей, в типичной вычислительной системе переделывается 67% (а в очень больших системах до 95%) уже готовых программ. Разработчики математического обеспечения шутят, что на начальном этапе было бы трудно перечислить все свои желания, если бы им предоставилась такая возможность, зато в конце они были бы единодушны и попросили вернуть их к началу работы.

Принципы системного подхода позволяют по-новому организовать руководство разработкой математического обеспечения. Процесс разработки вычислительных систем часто затягивается по той причине, что отладка и испытание программ происходят после закупки соответствующего оборудования. В этом случае установка оборудования, детальное конструирование системы, отладка программ, оформление документации, испытание и обучение персонала занимает 3—4 года. Если бы наиболее трудоемкую часть этого цикла совместить со стадией анализа, то общий цикл разработки уменьшился бы вдвое. Практически это предлагается сделать следующим образом.

В пределах одной мощной организации, ведущей многочисленные проекты (например, министерство ВВС США), для разработки математического обеспечения создается специальная ЭВМ, способная моделировать работу различных конфигураций оборудования, работающая в мультипрограммном режиме и обеспечивающая одновременный доступ нескольким пользователям. Предположим, что заказчик хочет разработать математическое обеспечение для

бортовой ЭВМ, причем за основу последней может быть взята ЭВМ типа 4 *Pi*, но с более быстродействующей памятью и другой системой прерываний. Пользуясь выделенным для него пультом и микропрограммной моделью, создаваемой ЭВМ, заказчик может разработать, испытать и составить документацию на требующиеся программы. Если окажется, что принятая архитектура «машины» не устраивает разработчика математического обеспечения, в нее могут быть внесены необходимые изменения. После окончания разработки программ определяются окончательные требования к оборудованию, которые передаются изготовителю. Одновременно с этим другой заказчик может разрабатывать программы для коммутатора сообщений, а третий — создавать пакеты программ для работы в реальном масштабе времени и т. д. Разумеется, создание такой машины представляется делом чрезвычайно сложным, а моделирование на ней гигантских ЭВМ вообще считается сомнительным. Однако разработка мелких и средних по сложности проектов может быть существенно облегчена.

Использование принципов системного подхода является лишь одним из способов повышения эффективности разработки математического обеспечения в будущем. Наряду с ними большие изменения ожидаются в развитии трех основных составляющих математического обеспечения: систем программирования, операционных систем и программ прикладных задач. Рассмотрим основные проблемы, связанные с современным состоянием и перспективами развития этих составляющих.

6.2. СИСТЕМЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Процесс решения задачи начинается обычно с анализа проблемы, ее математического описания, выбора метода и алгоритма решения. Затем проводится собственно программирование, конечная цель которого состоит в том, чтобы перевести задачу на язык машины. Следующий этап — кодирование, проверка и ввод программы вместе с исходными данными. Наконец, происходит отладка программы, в ходе которой оптимизируется ее структура и устраняются ошибки. Отлаженная и испытанная программа после оформления соответствующей документации включается в библиотеку программ. Типичное распределение затрат на основных этапах этого процесса приведено в табл. 23. Как видно, большая часть затрат приходится не на составление

программ, а на их отладку, испытание, кодирование и проверку.

Таблица 23

Относительные трудозатраты (в процентах) при разработке математического обеспечения для некоторых автоматизированных систем управления

Системы управления	Анализ и программирование	Кодирование и проверка	Отладка и испытания
Автоматизированная система управления ПСО североамериканского континента—«Сейдж»	39	14	47
Система управления соединениями кораблей ВМС США—НТДС	30	20	50
Системы управления космическими полетами	36	17	47

В процессе составления программ творческая работа программистов сочетается с трудоемкими механическими операциями, выполнение которых целесообразно возложить на вычислительную машину. Комплекс программ, предназначенный для автоматизации программирования задач на ЭВМ, образует систему программирования. Ее основная цель заключается в том, чтобы освободить программиста от рутинной работы и сосредоточить его внимание на более глубоком анализе проблемы и логике решения. Это достигается путем применения языков программирования (алгоритмических языков), на которых удобно записывать логику (алгоритм) решения, и специальных программ-трансляторов, обеспечивающих перевод выражений алгоритмического языка в машинную программу.

Развитие языков программирования начиналось с так называемых языков низкого уровня, близких к кодам вычислительных машин и поэтому тесно связанных со структурой и особенностями работы конкретных ЭВМ. Представителем машинно-ориентированных языков является язык ассемблера, с помощью которого удалось также решить проблему автоматического размещения команд и данных в памяти ЭВМ, освободив программистов от этой трудоемкой работы. Со временем уровень языков стал повышаться,

все более приближаясь к естественному языку программистов и становясь независимым от особенностей конкретных машин. Такие языки разрабатывались для решения проблем определенного класса и поэтому получили название проблемно-ориентированных. Их трансляция потребовала применения сложных компилирующих программ, позволяющих получать из исходного выражения, написанного программистом, целую серию машинных команд. Благодаря широкому распространению проблемно-ориентированных языков и сложности компилирующих программ их удельный вес в системах программирования непрерывно повышается. Если в 1964 г. стоимость программ ассемблеров и компиляторов относилась как 1 : 1, то к 1974 г. это отношение оценивается как 1 : 6.

Родоначальником проблемно-ориентированных языков по праву считается язык *FORTRAN*, первый вариант которого был разработан в 1955 г. За ним последовали *IPL, COMIT, ALGOL, JOVIAL, COBOL* и др. В 1960 г. в США насчитывалось уже 73 языка, к 1967 г. их число увеличилось до 117, а к настоящему времени приближается к 200. Такое разнообразие объясняется несколькими причинами. Во-первых, применяя вычислительную технику в новой области или для решения новых задач, пользователю иногда проще разработать новый язык, чем приспосабливать старый; во-вторых, в новом языке лучше сочетаются возможности нескольких старых; в-третьих, разработчики не всегда знакомы с языками, которые могут удовлетворять их требованиям. Кроме того, само развитие вычислительной техники постоянно выдвигает проблемы, требующие нового подхода к разработке языков (например, обеспечение диалога пользователей с ЭВМ при работе в режиме разделения времени).

Разнообразие алгоритмических языков вызывает известные трудности при подготовке программ прикладных задач. Однако попытки создать универсальный язык, понятный для всех программистов и достаточно простой для разработки компиляторов, пока не увенчались успехом. В свое время особые надежды возлагались на многоцелевые языки, разработка которых финансировалась министерством обороны США. Самый первый из них — *JOVIAL* и его последующие модификации обладают одинаковыми возможностями для производства научных расчетов, логической обработки информации, манипуляции со списками данных и обеспечения работы в реальном масштабе времени, однако являются достаточно сложными и поэтому

нашли применение только в вычислительных системах военного назначения.

Другой многоцелевой язык — *PL/I*, появившийся в 1965 г., создан на основе языков *FORTRAN-IV, COBOL, ALGOL*-60, *JOVIAL*-2 и по первоначальным планам должен был заменить существующие языки высокого уровня. При его разработке использовался модульный принцип построения, облегчающий создание компиляторов, однако несмотря на это, язык *PL/I* оказался очень сложным и по многим показателям уступал исходным языкам. Поэтому пользователи не проявляют к нему особого интереса, предпочитая применять старые языки, а сам *PL/I*, не став основным языком программирования, существует наравне с другими. Тем не менее следует учитывать, что над разработкой компиляторов для *PL/I* работает много фирм, а для унифицированных вычислительных машин, предназначенных для использования в глобальной системе оперативного управления вооруженными силами США, такие компиляторы уже созданы.

В настоящее время самыми распространенными алгоритмическими языками в США остаются *FORTRAN* и *COBOL*, на которых составляется более половины всех программ. *ALGOL* используется в основном как язык публикаций и имеет больше теоретическое, чем практическое, значение. Определенное распространение получили языки *JOSS, BASIC* и *APL/360* как языки диалога в системах, работающих в режиме разделения времени; *LISP, COMIT, SNOBOL* и *FORMAC* для обработки строк, списков данных и преобразования формул, а также языки моделирования *GPSS* и *SIMSCRIPT*. Остальные языки используются небольшой частью программистов в специализированных областях.

Основные направления в развитии языков программирования в будущем связаны с их унификацией, приближением к естественному языку людей, ориентацией на пользователя и дальнейшим расширением возможностей. Важность этих направлений ни у кого не вызывает сомнений, однако относительно способов реализации продолжаются острые дискуссии. Признавая необходимость унификации языков программирования, большинство специалистов считает ее осуществление делом отдаленного будущего, возможным лишь при соблюдении комплекса различных условий. Прежде всего унификация может быть достигнута за счет создания единого языка высокого уровня, понятного для всех пользователей. Такой язык предполагает единую

систему формальных обозначений, определений и методов построения смысловых конструкций. Чтобы сделать его понятным любой машине, производителям оборудования необходимо разработать компиляторы для ЭВМ каждого типа.

Единый язык должен быть не только понятен, но и доступен любому пользователю независимо от степени его квалификации и круга интересов. Это значит, что по форме и содержанию он должен приближаться к естественному языку людей и включать различные «диалекты», где бы концентрировались вопросы из узких, специальных областей. Создание естественного языка невозможно в рамках одной организации или для одной вычислительной машины. Прежде всего трудно представить такую ЭВМ, которая хранила бы весь словарь естественного языка с «диалектами», причем не просто хранила, а переводила бы его на свой язык. Это может быть осуществлено лишь при использовании крупных вычислительных сетей с единым банком данных и специализацией каждой ЭВМ сети на определенном «диалекте». Тогда программа или запрос любого пользователя автоматически пересылались бы в соответствующую ЭВМ, где бы и происходила ее трансляция.

Естественно, что в таком случае все машины вычислительной сети должны иметь общий язык, позволяющий им общаться друг с другом. Чрезвычайно перспективным направлением для решения этой проблемы является унификация машинных кодов, т. е. внутренних команд всех ЭВМ. Основой унификации может служить язык более высокого уровня, чем машинный код, например язык ассемблера, с тем чтобы последующая трансляция в код ЭВМ происходила аппаратными средствами. Несомненно, что прогресс в развитии больших интегральных схем поможет уже в недалеком будущем создать дешевые стандартные модули для аппаратной реализации определенного набора машинных команд. Унификация машинных кодов позволит резко сократить число компиляторов и сделает их доступными для всех машин, поскольку для составления самих компиляторов будет использоваться общий язык.

Значение унификации языков программирования и машинных кодов трудно переоценить, однако она возможна лишь при проведении твердой централизованной, государственной политики, что в условиях капиталистического общества осуществить весьма трудно. Указанное обстоятельство будет играть решающую роль для сроков практиче-

ской реализации данной проблемы. По-видимому, первоначально частичная унификация языков программирования может быть достигнута в пределах отдельных организаций или вычислительных сетей за счет использования многоцелевых языков типа *PL/I*. По мнению американских специалистов, на это потребуется 5—10 лет, в течение которых основными языками программирования в США по-прежнему останутся *FORTRAN* и *COBOL*, уже имеющие свои стандарты.

Наряду с ними будет расширяться применение языков, ориентированных на конкретных пользователей и в полной мере учитывающих их нужды и стиль работы. Системы программирования, обеспечивающие применение таких языков, должны полностью освободить пользователя от знаний того, каким образом решаются его задачи, оставив за ним обязанность указывать, что нужно решить и какими исходными данными воспользоваться. Языки пользователей находятся пока в экспериментальных разработках, но некоторые элементы систем программирования для таких языков уже применяются на практике. К ним относятся, например, генераторы сообщений, позволяющие составлять формализованные ответы на типовые запросы. Проблема будущего заключается, стало быть, в том, чтобы определить минимальный объем информации, необходимой машине для включения соответствующих генераторов программ, и в то же время выразить эту информацию в удобной для человека форме.

Таким образом, благодаря распространению языков пользователей количество и разнообразие языков программирования в ближайшее время будет продолжать расти. Вместе с ними будет расти и количество языков специального назначения, предназначенных для автоматизации работы программистов на всех основных этапах решения задач. Широкое распространение получат табличные языки, облегчающие перевод логики задачи в исходную программу. Известно, что многие информационно-логические задачи, особенно в военной области, могут быть сформулированы в виде «если... то...» (если начать перегруппировку войск по плану *N* и противник перейдет в наступление на участке *L* силами *S*, то какой резерв нужно предусмотреть, чтобы успех противника был не больше *E*). Методы теории решения предполагают в этом случае использование соответствующих таблиц решения, исходя из которых табличные языки могут составить программу для решения на ЭВМ. Речь идет, таким образом, о применении языков,

способных создавать новые программы, а в более сложных случаях — создавать новые языки.

Компиляторы для языков такого класса оперируют уже не с простыми выражениями традиционных языков, а с целыми группами (списками) данных. Разработанные в настоящее время языки для обработки списков уже используются при вводе и редактировании программы (например, редактор языка *BBN-LISP* ориентирован на определенную структуру программы и не позволяет вводить программу, составленную случайным образом); при ее отладке (например, отладчик языка *PLANNER* позволяет с помощью определенных тестов выявлять логические ошибки в программе); при проверке и контроле решения (например, в языке *ECL* предусмотрен режим испытаний при различном объеме и структуре исходных данных); при оптимизации программы, составлении пакета и оформлении документации. Языки для обработки списков стали быстро распространяться со второй половины 60-х годов и сейчас их только в США насчитывается более 30. Ожидается, что благодаря широкому применению этих языков в будущем эффективность работы программистов увеличится в десятки раз.

6.3. ОПЕРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Основная задача операционной системы заключается в организации вычислительного процесса, обеспечивающего эффективное использование внутренних ресурсов вычислительной системы: оборудования, программ, данных и обслуживающего персонала. Первоначально операционные системы создавались в целях уменьшения вмешательства оператора в процесс обработки за счет автоматизации выполнения сравнительно простых операций: начальной установки и пуска программы, подготовки к работе и включения периферийных устройств, организации решения задач в соответствии с заданной очередностью и т. д.

Дальнейшее направление их развития было связано с повышением производительности работы оборудования на отдельных этапах вычислительного процесса. В целях улучшения организации обмена данными между оперативной и внешней памятью потребовалось создание целого комплекса программ, обеспечивающих автоматическое размещение информации в памяти ЭВМ, передачу ее между уровнями иерархической памяти, организацию специальных режимов обслуживания требований на запись и счи-

тывание в запоминающих устройствах электромеханического типа и т. п. Одновременно с этим разрабатывались программы, автоматизирующие процесс ввода и вывода данных и выполняющие такие операции, как составление пакетов из поступающих сообщений, обнаружение ошибок, опрос источников информации, обработка прерываний, управление буферным накоплением информации, формирование различных управляющих сигналов. Повышение производительности оборудования часто достигалось за счет совмещения во времени операций, совершаемых в различных устройствах, что потребовало создания специальных программ мультиобработки.

С увеличением объема информации, обрабатываемой в ЭВМ, возникла проблема организации информационных массивов — файлов. Файл — это совокупность логических записей, относящихся к определенной тематике. Программы, включаемые в систему обслуживания файлов, обеспечивают их индексацию, поиск, сортировку, обновление, формирование, а также преобразование форматов в процессе переписи массивов из одного вида запоминающего устройства в другой.

В дальнейшем многообразие программ, включаемых в состав операционной системы, увеличивалось за счет организации специальных режимов обработки информации и более широкого использования вспомогательных программ, предназначенных для проверки исправности оборудования, обнаружения отказов и сбоев, выполнения диагностических процедур и тестовых проверок аппаратуры при проведении профилактических работ. Таким образом, в первое время сложность операционных систем повышалась из-за увеличения количества отдельных программ, выполняющих частные функции. Модульный принцип построения обеспечил известную автономность пользования ими и возможность комплектования операционной системы теми программами, которые необходимы для данного конкретного применения вычислительной системы.

С ростом количества и разнообразия отдельных программ усложнилось и управление ими, что потребовало создания специальной управляющей программы, называемой также супервизором, диспетчером или монитором. Сначала она стала выполнять те же функции, что и оператор первых ЭВМ: отыскивала нужную программу в библиотеке, переписывала ее содержимое в оперативную память и передавала ей управление. Вскоре, однако, программа-супервизор превратилась в самую сложную часть операцион-

ной системы, в организатора всего вычислительного процесса. Основная цель супервизора заключается в составлении графика выполнения заданий, обеспечивающего оптимальное использование ресурсов вычислительной системы. Согласование работы технических средств, организация мультипрограммного режима работы, многопроцессорная обработка, работа в режиме разделения времени, обеспечение многоканального доступа, анализ критических ситуаций — вот далеко не полный перечень его обязанностей. Сложность современных операционных систем определяется уже не столько количеством отдельных программ, сколько сложностью самого супервизора, работа которого основана на применении математического аппарата теорий вероятности, массового обслуживания, оптимального распределения ресурсов и др.

Собственно разработка операционных систем началась со времени появления машин второго поколения и проводилась промышленными фирмами для выпускаемого ими оборудования. К настоящему времени имеется много систем, реализующих различные идеи, но самой важной разработкой второй половины 60-х годов является операционная система *OS/360* фирмы *IBM*. Это, по существу, первая большая модульная система, основанная на общих принципах, в которых нашли отражение наиболее значительные достижения, имевшиеся к тому времени. Первоначально предполагалось, что *OS/360* будет достаточно универсальной для того, чтобы использоваться во всех ЭВМ серии 360, кроме самых малых. Последующая работа показала, что для реализации такой системы необходима большая емкость оперативной памяти. Появились ее разновидности: *BOS* — для ЭВМ с емкостью памяти 8—32 тыс. байт, *DOS* и *TOS* — для ЭВМ с внешней памятью на магнитных дисках и лентах, наконец, *OS*—для больших ЭВМ с емкостью оперативной памяти 1024 тыс. байт. Кроме того, модульный принцип построения обеспечивал произвольную компоновку элементов *OS/360* исходя из конкретных применений.

Появление операционной системы такого масштаба (стоимость ее разработки оценивается в 200 млн. долларов) означал поворот к созданию крупных систем, рассчитанных на чрезвычайно широкую номенклатуру оборудования, в то же время пятилетний опыт разработки и почти такой же опыт использования показали слабость ее некоторых концепций.

OS/360 имеет горизонтальный принцип построения, т. е. ее программы, выполненные в виде автономных модулей, находятся как бы на одном уровне, откуда они в нужной последовательности выбираются супервизором. Такой принцип приводит к тому, что в системе существует много способов выполнения одной и той же работы, а выбор оптимальной последовательности чрезвычайно затруднен из-за большого количества модулей. Последние мало связаны между собой, а потому многие из них в определенной части дублируют друг друга и обладают избыточностью.

В настоящее время для построения операционных систем предложен другой принцип, уже реализованный в ряде разработок и имеющий в будущем большие перспективы. Согласно ему модули программ операционной системы располагаются на нескольких уровнях таким образом, чтобы функции нижестоящих модулей являлись дальнейшим развитием и детализацией функций вышестоящих. Это все тот же метод анализа «сверху — вниз», положенный в основу структурного программирования и требующий первоначальной формулировки общей проблемы, а затем уже поиска необходимых для ее обеспечения частных задач. Такой принцип в сочетании с аппаратурной реализацией программных модулей на низких уровнях позволит формулировать задачи операционной системы в широких категориях и, следовательно, использовать для ее составления языки более высокого уровня, в результате чего объем оперативной памяти, требующийся для размещения программ операционной системы, может быть во много раз уменьшен.

Другое характерное направление в развитии операционных систем будущего — это создание супервизоров, обеспечивающих максимальную производительность вычислительной системы, применительно к конкретным условиям работы. Рассмотрим функции такого супервизора на примере вычислительной системы, обслуживающей пользователей в режиме разделения времени. Если в какой-то период число активных (т. е. действительно работающих с ЭВМ) пользователей невелико, то супервизор может организовать решение побочной задачи или освободить некоторые устройства для профилактического обслуживания. С увеличением количества активных пользователей и образованием очередей он подключает свободные ресурсы для ликвидации сложившейся ситуации или перераспределяет имею-

щиеся, исходя из заданных критериев качества обслуживания. Если требуется, например, обеспечить минимальное время ожидания, он может повысить уровень мультипрограммной работы и за счет этого принять на обслуживание новые требования. Если необходимо обеспечить минимальную длину очереди, он может организовать первоочередное обслуживание наименее трудоемких задач. При выходе из строя некоторых устройств или блоков супервизор перераспределяет их функции между другими устройствами, не прекращая обслуживания пользователей. Короче говоря, подобные супервизоры должны обладать способностью самонастройки применительно к сложившейся ситуации, а в более далекой перспективе — предсказывать возможность возникновения нежелательных ситуаций и не допускать их.

Американские специалисты считают, что такие супервизоры могут быть реализованы в конце 70-х годов, но для этого необходимо прежде всего четко определить критерии производительности и найти их взаимосвязь с параметрами вычислительной системы. Сейчас уже стало ясно, что для создания супервизоров будущего необходимо предварительное знание конструктивных параметров не только оборудования, но и самой операционной системы (например, типы алгоритмов-диспетчеров для работы с внешними ЗУ, организация файлов и словарей, способы обращения к ним, уровни мультипрограммирования, размеры страниц в оперативной памяти, длина информационных блоков для взаимообмена с периферийными устройствами и т. д.). Точно так же необходимы знания о внешних условиях работы вычислительной системы: интенсивности информационных потоков, длительности времени активного взаимодействия с абонентами, количестве операций ввода — вывода и вычислительной работе процессора за одно взаимодействие, допустимом времени обслуживания для пользователя и т. д. Перечень всех этих параметров уже достаточно известен, однако связь между ними и их влияние на производительность вычислительной системы только начинают выявляться.

Таким образом, разработка супервизора должна быть тесно связана с общесистемными параметрами и являться дальнейшим развитием принципов системного подхода к конструированию вычислительных систем. Изучение и правильное применение этих принципов может существенно изменить традиционные представления. Ранее, например, не вызывало сомнения, что для увеличения соотношения

«производительность/стоимость» необходимо увеличить загрузку оборудования. Однако в одном из исследований, выполненных по заказу министерства ВВС США, утверждается, что увеличение загрузки центрального процессора свыше 70—80% приводит к резкому увеличению стоимости разработки операционной системы, в частности супервизора, из-за чего соотношение «производительность/стоимость» может уменьшиться. Поэтому иногда будет более выгодным предусматривать полуторный-двукратный запас производительности центрального процессора, чем разрабатывать слишком «умный» супервизор.

Однако даже с учетом подобных неожиданностей «интеллект» супервизора в операционных системах ЭВМ следующих поколений значительно повысится, что позволит выполнять большую часть работы по организации вычислительного процесса без участия человека. Несомненно, руководящая роль останется за оператором, но осуществлять он ее будет в форме общих указаний, основанных на аналитической оценке сложившейся ситуации. В этой связи закономерен вопрос: как же будет обращаться к операционной системе оператор, лишенный подробных сведений о ее работе? Для этой цели предусматривается использование так называемых командных языков, представляющих набор управляющих команд-заданий, весьма близких к естественному языку человека. Такие языки только начинают разрабатываться, но уже к концу 70-х годов найдут широкое распространение.

Для решения рассмотренных проблем потребуется немало времени, однако некоторые частные вопросы смогут быть реализованы уже в операционных системах ЭВМ четвертого поколения. К ним относятся, например, вопросы модернизации операционной системы путем включения в ее состав дополнительных программ. В отличие от настоящего времени этот процесс будет происходить сравнительно легко и не потребует долгой отладки. Повысится надежность вычислений и достоверность результатов. Для исправления обнаруженных ошибок будут использоваться специальные алгоритмы, помогающие сохранить уже проделанную работу и делающие излишним повторный просчет. Широкое распространение получат методы эмуляции — сочетание аппаратных и программных методов, позволяющих решать старые программы на вычислительных машинах новых поколений. Частичное распространение получат также методы аппаратной реализации отдельных мо-

дулей операционной системы. Ее состав пополнится программами, обеспечивающими сбор, обработку и анализ статистических данных о работе как отдельных компонентов, так и всей вычислительной системы в целом.

6.4. ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ

Развитие прикладных задач определяется конкретными потребностями областей человеческой деятельности, где используется вычислительная техника. Применительно к военной деятельности оно связано прежде всего с совершенствованием процесса принятия решения, являющегося, как известно, основой управления войсками.

Принятие решения — сложный акт, предполагающий сбор и анализ информации о ситуации, составление на основе имеющихся данных определенной модели, наиболее полно отражающей черты реальной обстановки, подготовку нескольких вариантов решения, оценку эффективности каждого из них и выбор окончательного варианта. Своеобразие каждого этапа требует применения различных математических методов, поэтому развитие прикладных задач военного назначения зависит от степени освоения и применимости тех или иных математических методов.

Имеющееся многообразие прикладных задач можно разделить на четыре основных класса: расчетные, информационные, аналитические и задачи планирования.

Расчетные задачи применяются на всех этапах выработки решения. Например, при анализе боевой ситуации может решаться задача о соотношении сил и средств сторон, при подготовке вариантов решения могут потребоваться данные о предполагаемой дозе радиоактивного заражения на каком-либо участке, а при выборе окончательного варианта — расчеты на перегруппировку войск. Развитие прикладных задач военного назначения началось именно с задач расчетного характера как наиболее хорошо приспособленных для решения на ЭВМ.

Информационные задачи направлены на сбор информации о ситуации, ее классификацию и уточнение. Их конечной целью является создание и представление в наиболее удобной форме модели обстановки, анализируя которую, командир принимает информационное решение [2]. Типичными примерами задач этого класса, решаемых АСУВ США, являются задачи, обеспечивающие сбор, обработку и анализ данных о вооруженных силах США и их союзни-

ков (положении, состоянии, характере действий и укомплектованности частей, степени их готовности, состоянии военных коммуникаций, координатах ядерных взрывов и т. д.); о противнике (положении, боевом порядке, намерениях, боевых возможностях, количестве целей, оценке их уязвимости, результатах ракетно-ядерных ударов и т. д.).

Спецификой информационных задач является наличие большого количества разнообразных данных, из которых необходимо выбрать полезную информацию и обобщить ее. Для этого применяются различные математические методы: факторный анализ, планирование экспериментов, метод главных компонентов, а также логические и статистические методы обобщения данных. Для повышения достоверности исходной информации применяются методы сопоставления и фильтрации данных. Информационные задачи являются более сложными по сравнению с расчетными, однако там, где начинается процесс творчества военачальников, они уступают место задачам еще более высокого класса, предназначенным для анализа и планирования боевых действий.

Заключительный акт информационного решения командира — распознавание ситуации, т. е. определение исходя из модели обстановки возможных путей развития боевых действий и их результата. Распознавание ситуации связано с построением различных гипотез, их обоснованием и проверкой. Здесь могут применяться аналитические методы из теории массового обслуживания, дифференциальные уравнения относительно вероятностей перехода системы в различные состояния, метод динамики средних, методы теории статистических решений и теории игр, а также различные эвристические методы, методы экстраполяции, экспертных оценок и логического анализа.

От правильного распознавания ситуации зависит эффективность тех или иных вариантов решений. Однако из всех решений, приводящих в конечном счете к победному результату, должно быть выбрано самое наилучшее, требующее наименьших затрат. Понятие оптимальности связано с выбором и формулировкой критериев эффективности. Если такие критерии установлены, то при выборе оптимального варианта решения могут быть использованы методы вариационного исчисления, математического программирования, стохастическая аппроксимация, принцип максимума и др. Задачи, использующие указанные методы на этапах распознавания ситуации, подготовки вариантов

решений и их оптимизации, могут быть названы аналитическими. Это задачи наивысшей сложности, поскольку они наиболее близко соприкасаются с творческими процессами военной деятельности.

Принятие любого решения предполагает рассмотрение вопросов, связанных с организацией его исполнения. Между моментами принятия и исполнения решения существует этап планирования, в ходе которого общий замысел решения превращается в ряд взаимосвязанных мероприятий. При подготовке организационного решения и на этапе планирования могут использоваться методы теории графов, сетевого планирования, моделирования, эволюции и синтеза. Задачи, основанные на использовании этих методов, относятся к специальному классу задач планирования.

В настоящее время в вооруженных силах США широкое распространение получили методы моделирования. Они применяются при исследовании боевых действий, планировании боевых операций, организации обеспечения боевых действий войск, а также при решении проблем, связанных с затратами временных, материальных, энергетических, финансовых и других ресурсов. Например, в штабах, командованиях и учреждениях министерства Армии США с помощью методов моделирования решаются более ста типовых задач, таких, как определение оптимального сочетания танковых и механизированных батальонов в армейской операции, оценка оперативных планов соединений, расчет необходимого числа частей боевого обеспечения для заданного уровня боевой готовности, анализ транспортной сети на ТВД, оценка необходимой степени подготовки личного состава и стоимости его обучения и др. По сложности задачи планирования занимают промежуточное положение между информационными и аналитическими задачами.

Опыт применения вычислительной техники в военном деле и других областях показывает, что характер решаемых ею прикладных задач постепенно меняется. На рис. 45 показаны основные тенденции этих изменений на примере автоматизированных систем управления войсками. Изменение характера прикладных задач происходит главным образом в двух направлениях: увеличения их сложности и повышения уровня руководства, в интересах которого они решаются. До 60-х годов в АСУВ решались в основном расчетные задачи. Их результаты предназначались для непосредственных исполнителей, подготавливающих необхо-

димые данные для руководства. 60-е годы характеризовались повышением удельного веса информационных и снижением удельного веса расчетных задач. Если, например, в 1964 г. решение расчетных задач занимало 75% времени полезной работы ЭВМ, то в 1974 г. — только 30%. В последнее время все большее значение приобретают задачи планирования, результаты решения которых непосредственно используются руководителями высокого ранга, принимающими важные решения в области строительства вооруженных сил.

Задачи аналитического характера находят пока ограниченное применение, поскольку использование классических методов для составления программ их решения приводит к очень сложным и недостаточно гибким алгоритмам. Эти задачи нацелены на высший уровень руководства, что делает необходимым самое широкое использование кибернетических методов, сопровождающих процесс руководства.

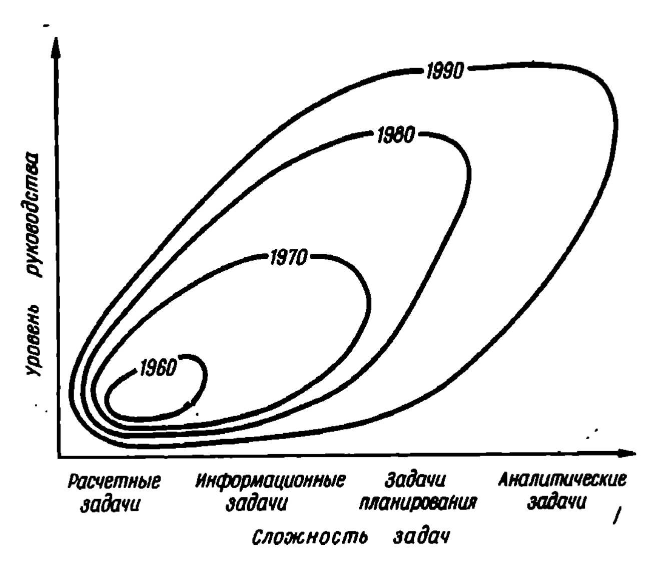


Рис. 45. Динамика изменения характера прикладных задач, решаемых автоматизированными системами управления

Действительно, руководители высокого ранга оперируют широкими понятиями и категориями, особенно плохо поддающимися формализации. Установление единых исходных понятий требует участия различных специалистов и, что самое главное, новых, нетрадиционных методов. Кроме то-

го, необходимо найти взаимосвязь между исходными понятиями и установить законы их влияния на конечный результат. Используемый до сих пор метод анализа сложного явления путем разделения его на составные части уже достаточно оправдал себя. В то же время методы синтеза, когда из элементарных понятий складывается одно сложное, пока еще только разрабатываются. Здесь основная трудность заключается в том, что при сочетании отдельных элементов возникают принципиально новые качественные явления, механизм образования которых недостаточно изучен. Руководство на высшем уровне предполагает также необходимую широту взглядов и использование информации из самых различных областей. Сейчас уже нетрудно обеспечить руководителя всей информацией, гораздо сложнее обеспечить ее эффективное использование и отобрать из всей совокупности действительно необходимые данные.

Другая особенность развития прикладных задач заключается в их постепенном приближении к творческой деятельности человека. Военные теоретики долгое время оберегали как святая святых процесс принятия решения от вторжения вычислительной техники. Однако творческий процесс не является непознаваемым таинством, для него существуют свои законы, в том числе и для творческой деятельности военачальников. Правда, современная наука еще очень далека от описания высших форм человеческой деятельности, но в будущем эта проблема может быть разрешена.

Вскрытию законов творчества и человеческого мышления помогает новая наука — эвристика, а программирование, использующее ее методы, получило название эвристического. Последовательность решения прикладных задач с помощью эвристического программирования во многом напоминает логику человеческих рассуждений. Так, например, опытный командир, взглянув на карту, может сразу же определить общий характер обстановки и быстро найти правильное решение. Оценивая обстановку, он выделяет самые существенные черты, а принимая решение, руководствуется более здравым смыслом, чем скрупулезными расчетами. Традиционная логика решения подобной задачи с помощью ЭВМ была бы построена другим образом: установление всевозможных взаимосвязей между элементами обстановки, перебор всевозможных вариантов решений, оценка каждого из них и, наконец, выбор окончательного варианта. Эвристическое программирование не допускает

такой неэкономной работы. В логику решения задачи закладываются правила, аналогичные здравому смыслу человека, которые запрещают выполнение малополезных действий.

Эвристическое программирование делает только первые шаги, но оно уже сейчас может быть чрезвычайно полезным в тех случаях, когда применение обычных методов математического анализа оказывается малоэффективным, например при исследовании операций или оптимальном планировании, где отсутствует четкая математическая постановка задачи. Ведь эвристическое программирование не предполагает создание какой-либо алгебраической или цифровой модели процесса, оно сразу же строит модель в форме программы нечисленной обработки информации.

Еще более важным для развития аналитических задач являются потенциальные возможности эвристического программирования. Существовавшее в математике строгое определение понятия алгоритма предполагало нахождение метода точного решения и, таким образом, исключало многие задачи, решение которых не укладывалось в заранее известные формы. Эвристическое программирование не гарантирует оптимальность решения подобных задач, но предлагает тактику поиска более эффективную, чем простой перебор. Было показано, что именно такие «эвристические тактики» характерны для работы мозга и именно они лежат в основе творческих способностей человека. Разработка этих положений привела к возможности моделирования таких сложных форм работы мозга, как решение проблем, выдвижение гипотез, самообучение и т. д. [9].

Распространение аналитических задач будет в значительной степени зависеть от освоения новых методов алгоритмизации, в частности эвристического программирования. Один из его создателей — американский ученый Г. Саймон утверждает, что к 1985 г. вычислительные машины с эвристическими программами найдут самое широкое распространение в вычислительных системах различного назначения [9]. Современное состояние математического обеспечения пока не дает оснований для такого оптимизма, хотя отдельные элементы эвристических программ уже используются. По-видимому, их широкое распространение можно ожидать не ранее 90-х годов.

Наряду с эвристическим программированием здесь могут оказаться полезными методы молодой науки — семио-

тики, позволяющей выражать абстрактные категории с помощью специального набора символов. Ее развитие поможет более глубоко проникнуть в механизм творческих процессов и приблизиться к решению проблемы «искусственного интеллекта». Другими словами, распространение аналитических задач будет определяться степенью развития новых, нетрадиционных методов, возникновение которых сейчас трудно предсказать [2, 3, 9, 18, 19, 22, 41, 49, 51].

Глава 7

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДО 1985 г.

7.1. ОБЩИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ США

Ход развития автоматизации управления в вооруженных силах позволяет выявить ряд общих закономерностей, обусловленных внутренней логикой развития автоматизации, имеющих объективный характер и применимых к широкому кругу областей военной деятельности. На основании прошлого опыта, современного состояния и перспективных планов использования вычислительной техники военного назначения американские специалисты условно выделяют три этапа, через которые проходит автоматизация.

На первом этапе вычислительная техника используется для решения задач в отдельных областях функциональной деятельности. Автоматизацией охватываются отдельные органы управления, образцы вооружения, военной техники. Ее основная цель состоит в том, чтобы облегчить и ускорить выполнение наиболее трудоемких, рутинных операций, определяемых существующим порядком работы органов управления и их организационной структурой. Для этого этапа, который можно назвать этапом автономной автоматизации, характерны большое количество разработок, проводящихся различными организациями в своих, узких интересах, охват автоматизацией небольшого числа иерархических уровней руководства, дублирование работ, разнотипность оборудования, программ, кодов и форматов сообщений, резкое возрастание затрат на вычислительную технику. Вместе с тем на этапе автономной автоматизации пользователи имеют возможность практически убедиться в реальной выгоде, которую дает автоматизация, преодолеть первоначальный скептицизм и в известной степени пересмотреть свои взгляды и методы работы.

Следующий этап автоматизации направлен главным образом на обеспечение совместимости отдельных систем и их последующую интеграцию. Совместимость систем достигается за счет установления единых форм и методов

обмена информацией, способов сбора данных, порядка их обработки и использования в процессе выработки решения, унификации оборудования и математического обеспечения. Первоначально она проводится для систем различных иерархических уровней в пределах отдельных областей функциональной деятельности. Ее дальнейшим развитием является интеграция этих систем и создание единой системы, охватывающей все иерархические уровни данной функциональной области снизу доверху. При этом повышается централизация и уровень руководства, непосредственно заинтересованного в результатах автоматизации, усиливается его организующая, координирующая роль, расширяется круг задач, увеличивается их сложность. Интеграция систем сопровождается определенными организационными перестройками в общей структуре руководства данной функциональной области, изменениями в методах работы. На этом же этапе параллельно с интеграцией обеспечивается совместимость отдельных систем из разных областей функциональной деятельности, решающих сходные задачи. Появляется возможность взаимного использования технических решений, оборудования, программ, данных.

Дальнейшим логическим развитием второго этапа является этап комплексной автоматизации, для которого характерны полный охват автоматизацией органов управления во всех звеньях; интеграция систем в пределах нескольких областей функциональной деятельности родов войск и видов вооруженных сил; завершение унификации оборудования и создание стандартных модулей, из которых могут комплектоваться различные средства вычислительной техники; унификация математического обеспечения, создание единых библиотек программ решения задач; возможность обмена данными между любыми органами управления; максимальная централизация руководства. Комплексная автоматизация создает предпосылки для создания оптимальной с точки зрения оперативности, живучести и гибкости структуры управления вооруженными силами. Она обладает необходимым динамизмом и позволяет быстро приводить средства, методы и структуру управления в соответствие с изменяющимися условиями ведения вооруженной борьбы.

Выделение указанных этапов крайне важно при прогнозировании, поскольку дает общее направление работам по автоматизации управления на достаточно длительный период в будущем. Чтобы достигнуть своей наиболее совер-

шенной формы, автоматизация должна пройти через все три этапа. Это обусловлено эволюционным характером ее развития, когда в ходе работ на одном этапе созревают предпосылки для постепенного перехода к следующему комплексу работ. Эволюционный характер развития автоматизации управления в вооруженных силах находит отражение в перспективных планах военного руководства США. Рассмотрим содержание некоторых планов применительно к основным областям военной деятельности.

Управление боеготовыми силами

В настоящее время автоматизированные системы управления войсками в США находятся на первом этапе автоматизации, т. е. развиваются автономно. Вплотную ко второму этапу подошли АСУВ стратегического звена, работы по совместимости которых проводятся в рамках глобальной системы оперативного управления. Первые унифицированные ЭВМ, с внедрением которых связывается проблема обеспечения совместимости, установлены на командных пунктах управления стратегическими наступательными и оборонительными силами в период 1972—1973 гг. Оснащение унифицированными ЭВМ других командных пунктов ГСОУ будет происходить в течение всего текущего десятилетия, и, таким образом, к началу 80-х годов АСУВ стратегического звена перейдут на этап интеграции систем. Возможно, что к этому времени начнутся определенные организационные изменения в структуре управления вооруженными силами в стратегическом звене. Некоторые предложения о таких изменениях уже рассматриваются военным руководством США.

Автоматизированные системы управления войсками в оперативно-тактическом звене созданы, по существу, только для управления соединениями кораблей, морской авиацией и авиацией морской пехоты. Внедрение остальных АСУВ ожидается в период 1975—1980 гг. В дальнейшем предусмотрены работы по их совместимости и интеграции в пределах видов вооруженных сил. Так, в сухопутных войсках системы «Тос», «Такфайр» и CS3 совместно с системой сбора разведывательной информации на поле боя должны образовать единую автоматизированную систему управления сухопутных войск. Планируется также интеграция АСУВ ВВС и ВМС. Эти мероприятия начнутся, по-видимому, в начале 80-х годов. В целом второй этап автоматизации для большинства АСУВ США будет характерен лишь для второй половины 80-х годов.

Обратимся теперь к областям функциональной деятельности, относящимся к повседневному руководству войсками. В вооруженных силах США оно обычно осуществляется по линии: министерство обороны — министерства видов вооруженных сил — командования — базы. Каждый элемент этой линии является своеобразным иерархическим уровнем, вокруг которого развертываются работы по автоматизации. Организационными формами последней служат информационно-вычислительные центры, строго специализированные по областям функциональной деятельности и по иерархическим уровням. Такие принципы формирования ИВЦ соответствовали этапу автономной автоматизации. В конце 60-х годов виды вооруженных сил развернули работы по обеспечению совместимости ИВЦ и созданию так называемых информационных систем обеспечения руководства.

Концепция, положенная в основу создания этих систем, заключается в создании единого для каждой области банка данных и обеспечении к нему прямого доступа командований и других заинтересованных организаций. Банки данных создаются на базе больших и сверхбольших ЭВМ, которыми планируется переоснастить ИВЦ при управлениях министерств видов вооруженных сил. К этим банкам данных через систему цифровой связи «Автодин» и системы связи специального назначения должны подключаться вычислительные центры, имеющиеся при командованиях, базах и низовых органах соответствующих областей функциональной деятельности. Такой принцип создания информационных систем обеспечения руководства означает интеграцию вычислительных центров по вертикали.

На нижних иерархических уровнях руководства одни и те же органы управления решают задачи, связанные с разными областями функциональной деятельности: боевым и тыловым обеспечением, руководством людскими ресурсами, денежным содержанием и т. д. Излишняя специализация вычислительных центров на этих уровнях приводит к увеличению их числа, поэтому появляется необходимость объединения отдельных центров на одном иерархическом уровне и распределения работы объединенных центров между несколькими функциональными областями. В основе такой интеграции по горизонтали лежит пока только территориальная общность ИВЦ, однако в дальнейшем становится возможным осуществлять интеграцию и на основе функциональной общности. Это относится прежде всего к системам боевого обеспечения, интеграция которых начинается в

масштабе не только видов вооруженных сил, но и министерства обороны в целом.

Рассмотрим конкретный характер работ по автоматизации в основных областях функциональной деятельности повседневного руководства войсками на примере одного из видов вооруженных сил — ВВС.

Тыловое обеспечение

Совершенствуя систему тылового обеспечения, командование ВВС решило отказаться от прежней практики создания избыточных запасов предметов снабжения при тыловых органах боеготовых сил, заменив ее концепцией быстрой транспортировки грузов из централизованных источников. Это потребовало особой гибкости в руководстве, централизации планирования и обеспечения непосредственной связи между планирующими органами и боеготовыми силами. В целях удовлетворения указанных требований командование тыла ВВС разрабатывает перспективную систему тылового обеспечения «Алс», которая в течение 70-х годов должна заменить все имеющиеся сейчас многочисленные автономные системы. Составными частями системы «Алс» является ряд целевых информационных систем обеспечения руководства.

Система руководства материально-техническим обеспечением «Писм» должна быть единой для всех тыловых органов министерства обороны США на уровне районов МТО и ниже. Ее основу составляют вычислительные центры районов МТО, соединенные между собой командованием тыла ВВС и оконечными устройствами на складах и пунктах снабжения через систему цифровой связи «Автодин».

Система руководства воздушными перевозками «Мактрак» должна обеспечить централизованное планирование и руководство воздушными перевозками в целом по министерству обороны. Для выполнения этих функций предусматривается создание вычислительных центров на западном и восточном побережье США, непосредственно соединенных с подразделениями военно-транспортной авиации через систему управления воинскими перевозками министерства обороны.

Система руководства ремонтно-техническим обслуживанием «Микс» создается также на основе единого централизованного банка данных и обеспечения к нему прямого доступа со стороны главных командований и начальников

ремонтно-технической службы соответствующих подразделений.

Система руководства военной помощью союзникам США «Мап» должна централизовать все функции, связанные с выполнением программы военной помощи. Предусматривается специальный вычислительный центр, соединенный по системе «Автодин» с соответствующими органами иностранных государств за рубежом или их представителями в США.

По такому же принципу построены системы руководства производством закупок и планированием поставок предметов снабжения. Непосредственно для баз' создается унифицированная система материально-технического обеспечения, технической основой для которой служит ЭВМ *IBM 360/40.*

Боевое обеспечение войск

Совершенствование боевого обеспечения войск ведется в направлении устранения дублирования за счет централизации отдельных функций в пределах ВВС и министерства обороны в целом, а также более тесного взаимодействия между информационными системами обеспечения руководства и АСУВ.

В области разведки планы командования ВВС определяются общим планом создания системы обработки разведывательной информации *IDHS* в интересах министерства обороны. Эта система, являясь составной частью глобальной системы оперативного управления вооруженными силами США, должна объединить все отдельные разведывательные подсистемы командных пунктов ГСОУ на основе общих массивов данных, единых методов индексации и поиска информации, обеспечения секретности, унификации оборудования и математического обеспечения. На каждом командном пункте предусматривается использование однотипного комплекса средств: унифицированной ЭВМ среднего класса, больших экранов, табло, нескольких дисплеев, графопостроителей, оптических считывающих устройств, фототелеграфной и другой аппаратуры связи. Особое место отводится совершенствованию методов анализа разведывательной информации. С этой целью предусматривается разработка нескольких типовых моделей обработки разведывательных данных для представления информации в обобщенном виде.

Планами командования ВВС предусматривается также внедрение тактической разведывательной системы, которая должна обеспечивать разведывательной информацией все соединения и части ВВС. Она строится по такому же принципу, как и система *IDHS*.

В области метеослужбы необходимость дальнейшего развития автоматизации диктуется увеличивающейся потребностью в метеоданных при управлении сложными системами оружия, повышением удельного веса космических операций, возрастанием объема данных метеорологических наблюдений благодаря широкому использованию искусственных спутников земли, необходимостью обеспечения более надежных и длительных прогнозов погоды. Существующая система обработки метеоданных не удовлетворяет современным требованиям из-за неспособности собрать, быстро передать и обработать весь объем требующейся информации, а также из-за отсутствия методов решения некоторых задач, связанных с прогнозом погоды.

В настоящее время создается централизованная информационная система обеспечения метеоданными командований ВВС и сухопутных войск. Она должна обеспечить сбор результатов наблюдений в глобальном масштабе (от 8700 источников), их обработку, формирование общего банка данных и преобразование результатов в форму, позволяющую немедленное использование различными командованиями. Планами развития этой системы на 70-е годы предусматривается создание ряда вычислительных центров, оснащенных большими и сверхбольшими ЭВМ, соединенными с оконечными станциями через специальную сеть связи метеослужбы. В состав сети входят центры коммутации, расположенные на территории США, в Англии и Японии, через которые осуществляется связь с центрами национальной метеослужбы зарубежных стран. Для обработки метеоданных на оконечных станциях используются средние ЭВМ. Особое внимание обращается на повышение пропускной способности линий связи, увеличение скорости работы терминалов и разработку цифровых методов быстрой передачи графической информации.

В области связи вычислительная техника используется уже давно. Создание автоматизированных систем цифровой, телефонной и засекреченной связи: «Автодин», «Автовон» и «Автосевоком», обслуживающих все военные организации, явилось одним из первых примеров интеграции систем в масштабе министерства обороны. В будущем применение вычислительной техники в связи будет еще более

расширено. Командованием ВВС предусматривается создание центра по распределению и назначению радиочастот, общего для всех организаций ВВС. Ряд дополнительных функций в области связи возлагается на вычислительные центры командований и баз. Первые должны организовать сбор и обработку данных о текущей работе систем связи по таким параметрам, как пропускная способность, задержки в обслуживании, надежность, достоверность и т. д. Конечные результаты будут использоваться командованиями и штабом ВВС для анализа эффективности работы существующих систем связи и выработки рекомендаций по их дальнейшему развитию. С помощью вычислительного комплекса, имеющегося на базах, предполагается создать унифицированную систему управления телефонной связью в пределах базы.

Планирование

Согласно взглядам военного руководства США планирование боевой и повседневной деятельности войск должно осуществляться на единой методологической основе и с использованием единого банка данных. С этой целью командование ВВС предполагает создать информационный центр, на который возложить выработку основных концепций строительства ВВС, обоснование и разработку действующих оперативных планов. Такой центр должен быть непосредственно связан с аналогичным центром при комитете начальников штабов, командными пунктами штаба ВВС, объединенных и специальных командований. В центре должны храниться все директивные документы министерства обороны, меморандумы президента, планы ведения всеобщей войны, действий в кризисных ситуациях, а также действующие оперативные планы объединений и соединений ВВС.

В состав центра будут включены большие ЭВМ, экраны, средства документирования информации, дисплеи и оптические считывающие устройства, обладающие способностью считывать не только печатный, но и рукописный текст. Работа в реальном масштабе времени позволит осуществлять быструю корректировку планов в зависимости от конкретной обстановки. Предполагается, что между центром, органами планирования и командными пунктами будет установлена видеотелефонная связь.

Примерно по такому же принципу, хотя и с менее жесткими требованиями к быстроте обмена и обработки ин-

формации, будет построена информационная система для подготовки программ развития вооружения и техники ВВС. Как известно, в настоящее время развитие вооруженных сил США осуществляется по принципу «планирование — программирование — подготовка бюджета». Следующий за планированием этап программирования заключается в разработке и обосновании конкретных военных программ развития, служащих основой для формирования пятилетней программы министерства обороны. Все исходные данные для этой программы в части техники и вооружения ВВС должны подготавливаться рассматриваемой информационной системой.

Финансовая деятельность

В этой области деятельности предусматривается создание трех информационных систем.

Информационная система подготовки и исполнения бюджета должна обеспечить автоматизированное решение трех основных задач: оценку и обоснование стоимости одобренных программ развития вооружения и военной техники ВВС, контроль за ходом их выполнения и экономическое обоснование перспективных программ. Эта система представляет своеобразную вычислительную сеть, основными элементами которой служат системы различных функциональных областей. От них должны поступать такие данные, как количество боеготовых формирований, образцов вооружения и военной техники, численность личного состава, наличие фондов, затраты по основным категориям, трудоемкость выполненных работ и т. д. Конечные результаты служат для составления финансового плана министерства ВВС и формирования пятилетней программы министерства обороны.

Система военных платежей должна обеспечить централизованное совершение текущих финансовых операций по министерству ВВС. Создаваемый главный финансовый центр будет обрабатывать всю финансовую информацию и дважды в месяц предъявлять чеки для оплаты. Требования от организаций ВВС направляются в центр через автоматизированную или почтовую связь. Предусматривается широкое использование оптических считывающих устройств и введение единой формы финансовых документов.

Для обработки информации, связанной с выплатой денежного содержания личному составу, создается унифицированная система «Джампс», единая для всех военных баз

министерства обороны. Она должна, начиная с 70-х годов, заменить имеющиеся сейчас на базах ЭВМ *NCR 390* и обеспечить прямую связь с главным финансовым центром.

Руководство людскими ресурсами

На основе существующих информационно-вычислительных центров ВВС, обрабатывающих данные по личному составу, предусматривается создание нескольких информационных систем, которые в будущем должны образовать единую систему учета и подготовки личного состава ВВС.

Для командований и штаба ВВС создается информационная система руководства комплектованием боеготовых сил. С ее помощью штаб ВВС должен решать такие задачи, как учет заявок на комплектование личным составом; определение соответствия между боевыми задачами и силами, требующимися для их выполнения; определение исходя из действительного наличия сил оптимального состава организационных «модулей» (авиационных крыльев и подразделений обеспечения), необходимых для быстрого комплектования сил, и т. д. Непосредственно комплектование возлагается на командования, в интересах которых создается специальная система учета и распределения боеготовых сил «Маас».

Информационная система учета и подготовки личного состава создается в интересах всех уровней руководства. Она должна обеспечить решение трех основных задач: планирование потребностей в личном составе, организацию его подготовки и ведение текущих дел; назначение, перемещение, присвоение званий и т. д. Именно на ее основе в будущем предполагается интеграция всех систем по руководству людскими ресурсами. В настоящее время эта система создается отдельно для военного и гражданского персонала.

В основу формирования указанных систем положены одинаковые принципы. Имеющиеся при соответствующих управлениях министерства ВВС информационно-вычислительные центры переоснащаются большими ЭВМ, способными хранить массивы информации объемом не менее 10^9 байт и обеспечивающими непосредственный доступ к ним командований. Непосредственно в командованиях используются либо специальные ЭВМ, либо имеющийся в их распоряжении унифицированный вычислительный комплекс. На основе аналогичного вычислительного комплекса,

имеющегося на базах ВВС, создается система учета личного состава, информация в которой обобщается на уровне баз, а затем передается командованиям по каналам связи. На всех трех уровнях предусматривается широкое использование оптических считывающих устройств.

Другие области военной деятельности

Тенденция к созданию информационных систем обеспечения руководства характерна для различных военных служб.

В административной службе уже создана система «Лайт», предназначенная для хранения, быстрого поиска и выдачи по запросам директив, приказов, наставлений, актов, заключений и прочих документов. В дальнейшем оборудование системы будет модернизировано, с тем чтобы увеличить емкость запоминающих устройств до 10^{10} бит. С помощью информационных систем предполагается централизовать процесс публикации, формирования отчетных документов и их распределения между организациями ВВС.

В связи с наблюдающейся централизацией функций руководства усиливается роль инспектирующих и контролирующих органов министерства ВВС. Для этих органов предполагается создание информационных систем главного инспектора ВВС, службы национальной безопасности, а также специальных систем для производства ревизии, выполнения расследований и контроля за безопасностью полетов.

В военно-медицинской службе вводится информационная система, к которой будет обеспечен прямой доступ медицинского персонала любого ранга. Предусматривается создание специальных банков данных, таких, как «Помощь в диагностике», «Опухоли», «Рентгенология» и пр. Система обеспечит хранение и поиск данных по каждому военнослужащему, проверку правильности медицинских назначений, выдачу справочных материалов и т. д.

Предусматривается создание унифицированной информационной системы на уровне баз ВВС в интересах различных инженерных гражданских служб строительства, квартирно-эксплуатационной части, противопожарной безопасности, снабжения и т. д. Считается, что введение такой системы позволит сократить на каждой базе численность гражданского персонала на 450—550 человек.

Особенно важное значение для развития автоматизации имеют вопросы совершенствования руководства. Создается специальная система, задача которой заключается в анализе информации, циркулирующей внутри функциональных областей, согласовании вида и формы информации, хранящейся в различных банках данных, разработке и внедрении единых форматов, методов индексации и поиска документов. На эту систему возлагается также задача разработки основных принципов последующей интеграции отдельных систем и обеспечения совместимости между системами управления боеготовыми силами и системами руководства повседневной деятельностью войск. Большую помощь при исследовании указанных вопросов окажет главный центр по моделированию, оценкам и испытаниям, который будет выполнять заказы различных организаций по исследованию проблем методами моделирования.

Направления работ по автоматизации руководства повседневной деятельностью войск, рассмотренные на примере ВВС, характерны и для других видов вооруженных сил США. Реализация подобных планов составит основное содержание деятельности министерств видов вооруженных сил в течение 70-х и 80-х годов. Американские специалисты утверждают, что практически работы по автоматизации будут выполняться в такой последовательности [34].

Семидесятые годы:

создание информационных систем обеспечения руководства в основных областях функциональной деятельности видов вооруженных сил;

создание унифицированных вычислительных комплексов на уровнях баз и командований для решения задач из нескольких областей функциональной деятельности;

интеграция информационных систем некоторых областей функциональной деятельности в масштабе видов вооруженных сил (тыловое обеспечение, финансовая деятельность, руководство людскими ресурсами);

интеграция систем боевого обеспечения (разведка, метеослужба, связь) в масштабе министерства обороны;

создание отдельных унифицированных систем на уровне баз, единых для всех видов вооруженных сил (системы материально-технического обеспечения, финансового довольствия, учета личного состава, инженерной гражданской службы).

Восьмидесятые годы:

интеграция систем из различных областей функциональной деятельности на основе общности решаемых задач в масштабе вида вооруженных сил;

унификация вычислительных комплексов в масштабе видов вооруженных сил, переход к модульному принципу комплектования;

обеспечение совместимости между информационными системами обеспечения руководства и автоматизированными системами управления войсками, использование общих банков данных;

интеграция систем из одной области функциональной деятельности в масштабе министерства обороны [27—35, 46].

7.2. ОБЩИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДО 1985 г.

Рассмотренные выше основные направления развития автоматизации в вооруженных силах США позволили американским специалистам определить требования к вычислительной технике военного назначения на ближайшие десять лет [75].

Переход к концепции централизации руководства в важнейших областях функциональной деятельности на основе централизованных банков данных и обеспечения прямого доступа к ним делает необходимым использование запоминающих устройств большой емкости, обеспечивающих произвольную выборку информации, и вычислительных машин сверхвысокой производительности, способных обрабатывать информацию со скоростью десятков и сотен миллионов операций в секунду. Помимо чисто технических проблем эта концепция предполагает также разработку методов обеспечения секретности информации при использовании информационных массивов несколькими организациями, защиты централизованных массивов от случайных или целенаправленных искажений и повышения надежности централизованного обслуживания пользователей в режиме разделения времени.

Следствием более высокой централизации является повышение уровня руководства, в интересах которого проводится автоматизация. Это повышает значимость задач аналитического характера в отличие от традиционных информационных и расчетных задач, требует разработки ме-

тодов интегральной оценки сложных явлений, обобщения информационных сообщений, выработки полезной информации из всех имеющихся многочисленных данных и более широкого применения методов моделирования для прогнозирования возможных боевых ситуаций.

Распространение автоматизации на различные области военной деятельности, охват ею низовых звеньев управления предполагает дальнейшее совершенствование методов взаимодействия между человеком и техникой на основе создания «интеллектуальных» оконечных устройств, представляющих оператору широкий комплекс всевозможных «услуг», широкого применения оптических считывающих устройств и устройств ввода — вывода информации в звуковой форме, создание специальных языков программирования для конкретных областей военной деятельности, а также повышение общего уровня подготовки работников штабов и других военнослужащих, работающих с вычислительной техникой.

Для развития автоматизации в ближайшие годы будет иметь большое практическое значение реализация ряда организационно-технических мероприятий, направленных на обеспечение совместимости и последующую интеграцию систем управления. В частности, требуется решить проблемы унификации кодов, форматов сообщений, оборудования, программ и способов обмена данными, создания типовых унифицированных комплектов оборудования для оснащения различных органов управления, организовать подготовку кадров высшей квалификации — специалистов по анализу систем, совершенствовать методы разработки вычислительных систем и координации работ между различными военными организациями.

Вышеизложенные достижения научно-технического прогресса являются потенциальной базой, определяющей развитие вычислительной техники военного назначения. Военные ведомства, финансируя определенные исследования и разработки, заставляют концентрировать внимание промышленных фирм на вопросах, которые выдвигаются общим ходом автоматизации в вооруженных силах. Поэтому неслучайно, что значительная часть исследований и разработок в наиболее перспективных направлениях развития вычислительной техники ведется сейчас по военным заказам. К ним, например, относятся работы в области сверхбольших ЭВМ, вычислительных сетей, оптоэлектроники, машинного перевода, структурного программирования, отображения информации и т. д.

Однако часть достижений научно-технического прогресса, несмотря на свою значимость и перспективность, не может быть использована военными организациями в полной мере, поскольку на практике их широкому распространению препятствует ряд ограничений, прежде всего экономического характера. От подобных ограничений непосредственно зависит также возможность приобретения военными ведомствами того или иного количества средств вычислительной техники и в конечном счете уровень автоматизации в вооруженных силах.

Некоторые американские специалисты высказывают мнение, что для обеспечения всех видов военной деятельности парк министерства обороны США должен насчитывать порядка десяти тысяч универсальных ЭВМ (исключая мини-ЭВМ) с общей стоимостью около 4 млрд. долларов. В этой сумме нужно добавить по крайней мере еще столько же для закупки периферийного оборудования, на которое к 1985 г. будет приходиться около половины стоимости средств вычислительной техники военного назначения (рис. 47). Если же учесть, что к этому времени расходы на оборудование будут составлять лишь четвертую часть общих затрат (рис. 27), то полные затраты министерства обороны США на автоматизацию должны составить свыше 30 млрд. долларов. Ясно, что при современном уровне ассигнований в этой области (около 1,5 млрд. долларов ежегодно) на удовлетворение указанных потребностей понадобится более двадцати лет. «Наши ближайшие нужды в действительности превышают финансовые возможности, которыми мы надеемся располагать», — заявил по этому поводу в 1972 г. Д. Фостер, возглавлявший тогда управление исследований и разработок министерства обороны США [76].

Сопоставление потребностей с финансовыми возможностями позволяет более или менее реалистически оценить будущий уровень автоматизации в вооруженных силах США.

Многие исследователи, заглядывая на 10—15 лет вперед, склонны преувеличивать возможности американцев и, безусловно, распространяют на будущее отдельные имеющиеся достижения. Исторический опыт, однако, показывает, что первоначальные, широко задуманные американские планы часто не были реализованы и впоследствии неоднократно корректировались с учетом имеющихся возможностей. Так, по-видимому, произойдет и в рассматриваемый период. Американские специалисты считают, что

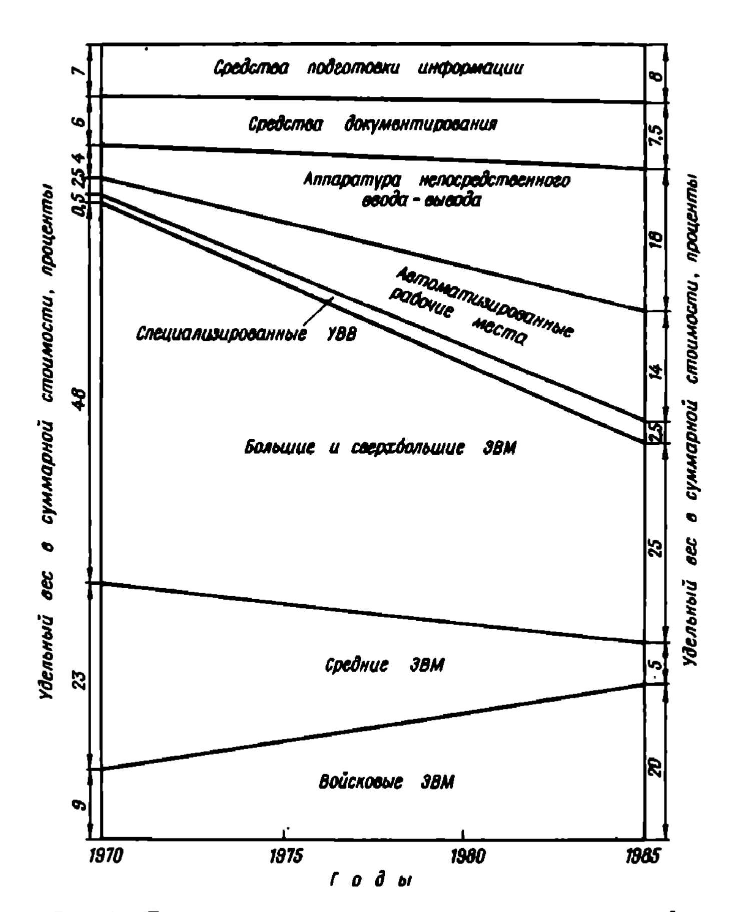


Рис. 47. Предполагаемое изменение соотношения суммарной стоимости между основными типами средств вычислительной техники военного назначения

основное внимание военного руководства США будет уделено автоматизации управления боеготовыми силами и руководству боевым обеспечением войск. Что касается планов автоматизации в области повседневной деятельности, то они могут быть реализованы лишь частично.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Совершенствование управления вооруженными силами на основе широкого применения вычислительной техники рассматривается военным руководством США как одна из важнейших задач. Однако двадцатипятилетняя история развития автоматизации заставила пересмотреть некоторые взгляды на принципы ее использования в военном деле.

Первые опыты 50-х годов, продемонстрировавшие высокую эффективность применения вычислительной техники при управлении оружием и учете материальных средств, явились причиной повального увлечения автоматизацией и стремления распространить ее на все виды военной деятельности. Последовавшие за этим серьезные неудачи объяснялись сначала несовершенством техники, однако появление современных технических средств, в частности вычислительных машин третьего поколения, не смогло кардинально улучшить положение дел. Вычислительные машины использовались непроизводительно, программы задач подолгу отлаживались, а результаты решения часто не устраивали военных специалистов.

С середины 60-х годов на первый план были выдвинуты вопросы повышения эффективности использования вычислительной техники. В 1966 г. бывший министр обороны США Р. Макнамара издал директиву, согласно которой военные организации должны более тщательно обосновывать необходимость приобретения средств автоматизации, шире внедрять методы оценки по критерию соотношения «стоимость/эффективность», исключить дублирование в разработках, проводить унификацию оборудования и обучать руководящих работников правилам использования вычислительной техники. Это был поворот от техники к вопросам ее практического применения. «В настоящее время не требуется все более быстродействующих вычислительных машин, — писал в то время автор известной у нас книги «Оружие третьей мировой войны» Д. Томпкинс. — Проблема заключается в том, как использовать то, что уже имеет-

ся» [7]. Практика, однако, показала, что одними организационными мероприятиями решить эту проблему нельзя.

Для современного этапа автоматизации в вооруженных силах США характерен комплексный подход, предусматривающий рассмотрение научных, технических, организационных, экономических и военных вопросов. Этот подход находит выражение в попытках осуществить планомерное развитие автоматизации. К настоящему времени в министерствах Армии, ВВС и ВМС разработаны пятилетние планы развития автоматизации, которые ежегодно пересматриваются и продлеваются на год. Аналогичный план имеется и в министерстве обороны США. Он включает вопросы интеграции систем, стандартизации оборудования, организации взаимообмена информацией об исследованиях и разработках, подготовки личного состава, унификации языков программирования, совершенствования систем передачи данных и другие мероприятия.

Американские специалисты считают, что подобный подход будет особенно необходим в предстоящем десятилетии, в течение которого произойдет переход к качественно новому этапу автоматизации. Сущность нового этапа заключается в интеграции разрозненных систем управления и создании систем, единых для каждой области военной деятельности в масштабе видов вооруженных сил и министерства обороны в целом.

Развитию автоматизации в вооруженных силах США способствует достаточно высокий уровень развития вычислительной техники в стране, что позволяет военным ведомствам закупать и использовать для своих нужд серийно выпускаемые промышленностью образцы вместо имевшейся ранее практики разработки оборудования по специальным заказам. Это обстоятельство усиливает зависимость автоматизации от научно-технического прогресса и делает необходимым исследование общих направлений его развития. К наиболее важным для военного применения достижениям научно-технического прогресса, ожидаемым в ближайшие десять лет, американские специалисты относят достижения в области ЭВМ сверхвысокой производительности, вычислительных сетей, банков данных, мини-ЭВМ, новой техники запоминающих устройств и устройств отображения, средств общения человека с техникой, дистанционной обработки данных, эвристического и структурного программирования.

Влияние научно-технического прогресса на автоматизацию и принципы управления вооруженными силами очевид-

но, хотя еще и не выявлено в полной мере. Например, ожидается, что достижения в области вычислительных сетей смогут разрешить существующие ныне противоречия между централизацией и надежностью управления. Сейчас уже доказана, как считают американские специалисты, возможность создания практически неуязвимых сетей вычислительных центров за счет распределения последних по большой территории и многократного дублирования линий связи между ними. Органы управления, подключенные к подобной сети, могли бы решать сложные задачи, требующие обработки огромного количества данных, и в то же время с достаточной степенью надежности доводить свои распоряжения до исполнителей.

Другим примером могут служить достижения в области мини-ЭВМ, позволяющие, по мнению зарубежных специалистов, реализовать в недалеком будущем концепцию «цифрового» самолета, в котором все функции управления будут возложены на бортовой комплекс взаимосвязанных ЭВМ. Это обеспечит автоматическое определение местонахождения самолета, автоматическую передачу координат на наземные пункты управления и передачу сигналов оповещения и команд с любой точки наземной сети управления авиацией. Новые качества «цифрового» самолета могут привести к изменению существующих принципов управления тактической авиацией.

Подобные проблемы требуют глубоких исследований, но военному человеку необходим также широкий кругозор, позволяющий правильно ориентироваться в современной технике и быть на уровне требований военной теории и практики руководства войсками. В этом ему может помочь изучение американского опыта автоматизации в вооруженных силах. «Чтобы и впредь все наши кадры были на уровне современных требований, — они не должны зазнаваться, обязаны постоянно учиться, знать вероятных противников, настойчиво изучать нашу могучую технику с тем, чтобы, если это потребуется, умело применить ее в бою»[1]. Советские исследователи, вооруженные марксистско-ленинской идеологией, имеют возможность объективно проанализировать американский опыт и, творчески переосмыслив его, использовать в деле строительства и дальнейшего укрепления боевой мощи Советских Вооруженных Сил.

---

[1] КПСС о Вооруженных Силах Советского Союза. М., Воениздат, 1969, с. 385.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Бокарев. Кибернетика и военное дело. М., Воениздат, 1969.
2. В. Дружинин, Д. Конторов. Идея, алгоритм, решение. М., Воениздат, 1972.
3. К. Тараканов. Математика и вооруженная борьба. М., Воениздат, 1974.
4. Д. Иванов, В. Савельев, П. Шеманский. Основы управления войсками. М., Воениздат, 1971.
5. А. Прокофьев. Средства механизации и автоматизации в штабах. М., Воениздат, 1969.
6. П. Мясоедов, А. Соколов. Отображение информации. М., Воениздат, 1971.
7. Д. Томпкинс. Оружие третьей мировой войны. М., Воениздат, 1969.
8. А. Романов, Г. Фролов. Основы автоматизации систем управления. М., Воениздат, 1971.
9. Вычислительные машины и мышление. М., «Мир», 1967.
10. Большая советская энциклопедия. Изд. 3-е.
11. «Зарубежное военное обозрение», 1973, № 12.
12. «Зарубежная радиоэлектроника», 1968, № 7, 11.
13. «Зарубежная радиоэлектроника», 1970, № 9.
14. «Зарубежная радиоэлектроника», 1974, № 4, 6, 12.
15. Signal, 1972, Sept.
16. Armor, 1972, July-Aug., № 4.
17. The Military Command Control and Communication Market, 1972, Frost and Sullivan, *Inc.*
18. F. Gruenberger (ed). Expending Use of Computers in the 70's. Markets Needs. Technology, 1971, Pr.-Hall, N.J.
19. J. Kanter. Management Guide to Computer System Selection and Use, 1971, Pr.-Hall, N.J.
20. D. Eadie. Modern Data Processors and Systems, 1970, Pr.-Hall, N. J.
21. J. Diebold. Business Decisions and Technological Change, 1970, Praeger.

22. Bronwell. Science and Technology, 1970, Pr.-Hall, N.J.
23. Inventory of Automatic Data Processing Equipment in the United States Government. FY 1970. FY 1971. FY 1972.
24. Gruenberger (ed.) Fourth Generation Computers, 1970, Pr.-Hall.
25. R. Rustin. Computer Networks, 1972, Pr.-Hall.
26. Electronic Trends, E 27, Computer, Peripherial Equipment, 1972, July.
27. Armed Forces Journal, 1970, Dec., Aug, June.
28. Armed Forces Journal, 1971, May, July.
29. Armed Forces Management, 1969, July.
30. Armed Forces Management, 1970, July.
31. Armed Forces Journal, 1972, May.
32. Defence Management Journal, 1972, Apr., N 1.
33. Signal, 1973, Sept., № 1.
34. Commanders Digest, 1973, June, № 13.
35. Air Force and Space Digest, 1964, Apr.
36. Aviation Week and Space Technology, 1973, March, № 10.
37. Electronic News, 1972, № 896.
38. Air Force Magazine, 1971, July.
39. Signal, 1970, May, № 9.
40. Signal, 1972, Apr., № 7.
41. Datamation, 1969—1972.
42. Datamation, 1973, May, June.
43. Computers and Autimation, 1970, Dec.
44. Computers and Automation, 1972, Sept., Dec.
45. Computers and Automation, 1973, July.
46. Air Force Magazine, 1973, Jan.
47. Automation, 1969, May.
48. Automatic Data Processing Newsletter, 1971, № 24, 1972, № 24., 1973, № 24.
49. Communications Report, 1972, Dec., № 12.
50. Electronic News, 1968, № 675.
51. Electronic Engineer, 1971, Febr.-Dec.
52. Computers, 1970, June.
53. Computer Design, 1970, Febr., Apr., Dec.
54. Computer Design, 1972, Jan., Apr., May.
55. Computer Design, 1973, Febr., Apr.,
56. Electronics, 1971, Jan., June.
57. Electronics, 1972, Jan.
58. Electronics, 1973, Jan.
59. Electronics World, 1970, Oct., № 4.
60. The Computer Industry: 1971—1976, Jan. 1972. Arthur D. Little Inc.
61. US Industrial Outlook 1972 with Projection to 1980, 1972 Wash.
62. Business Week, 1971, June 5, Oct. 23.
63. Harvard Business Review, 1969, Jan., Febr.
64. Proceedings of the IEEE, 1972, Apr., Nov.

65. Proceedings of the IEEE, 1973, July.
66. IEEE Trans. on ED, 1971, Sept.
67. IEEE Trans. on M., 1970, Dec.
68. Communication of the ACM, 1972, July.
69. Communications Report, 1972, Dec.
70. Science Journal, 1970, Oct.
71. Signal, 1967, March, № 7.
72. Electronics, 1971, March, № 7.
73. Naval Engineers Journal, 1973, Apr. № 2.
74. Signal, 1973, Nov., № 3.
75. Signal, 1975, March, № 6.
76. Army Recearch and Development News Magazine, 1972, Dec., № 8

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Введение 3

Глава 1. **Вычислительная техника в военном деле** . . 6

1.1. Роль вычислительной техники в военном деле . . —
1.2. Взгляды военного руководства США на вопросы автоматизации управления вооруженными силами . . 14

Глава 2. **Принципы построения автоматизированных систем управления войсками в США** 34

2.1. Система управления высшего военного руководства 35
2.2. Система управления стратегического авиационного командования 40
2.3. Система управления сухопутными войсками на ТВД 46

Глава 3. **Средства вычислительной техники автоматизированных систем управления** 58

3.1. Типы средств вычислительной техники АСУВ . —
3.2. Требования к техническим средствам АСУВ . . 78

Глава 4. **Тенденции развития вычислительной техники общего и военного назначения** 87

4.1. Основные категории затрат на вычислительную технику . . . . —
4.2. Тенденции развития вычислительных систем и пути повышения их эффективности 102

Глава 5. **Перспективы развития электронных вычислительных машин** 112

5.1. Развитие парка ЭВМ . . . . —
5.2. Перспективы развития характеристик ЭВМ . . . 117
5.3. Развитие структуры ЭВМ 126
5.4. Развитие запоминающих устройств 133
5.5. Общие тенденции развития устройств ввода—вывода 144
5.6. Устройства отображения 154

Стр.

Глава 6. Перспективы развития математического обеспечения 170

6.1. Общие тенденции . . . . —
6.2. Системы программирования . . . 179
6.3. Операционные системы 185
6.4. Прикладные задачи 191

Глава 7. Области применения и направления развития вычислительной техники военного назначения до 1985 г. . . . 198

7.1. Общие направления развития автоматизации управления в вооруженных силах США . . . . . . —
7.2. Общие направления развития вычислительной техники военного назначения до 1985 г. 210

Заключение 214
Литература 217

Игорь Николаевич Лощилов

Перспективы применения вычислительной техники в военном деле

Редактор *В. В. Курченко*
Технический редактор *Г. Г. Митрофанова*
Корректор *Г. И. Селиванова*

Г-75762 Сдано в набор 3.1.75 г. Подписано в печать 17.9.75 г.
Формат 84×108/32. Печ. л. 7. Усл. печ. л. 11,76. Уч.-изд. л. 12,349.
Бумага типографская № 1. Тираж 9000 экз.
Изд. № 5/164 Цена 76 коп. Зак. 1075

Воениздат
103160, Москва, К-160,
1-я типография Воениздата
103006, Москва, К-6, проезд Скворцова-Степанова, дом 3